

Programa de Melhorias de Postos de Trabalho na Área de Refusão de uma Indústria de Perfis de Alumínio

Maria Beatriz Gouveia Ribeiro

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2019-07-01

Resumo

O trabalho realizado em ambiente empresarial que aqui se apresenta foi executado na empresa Hydro, no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica – Especialização de Gestão da Produção – da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

A crescente competitividade, no mercado global, determina que as empresas que se afirmam neste contexto promovam a melhoria contínua dos seus processos, com foco em propostas de valor crescente e capacidade de resposta. Tal constatação está interiorizada na Hydro e é assumida nos valores do grupo desta multinacional, através do desafio permanente de actualização dos seus métodos e com a implementação de soluções que contribuam para a sua diferenciação na indústria do alumínio.

Nesse sentido, e numa parceria com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a Hydro consentiu uma análise imparcial dos seus processos, de modo a identificar oportunidades de melhoria.

O projecto iniciou com a observação e aprendizagem das práticas e procedimentos ligados, directa ou indirectamente, aos processos industriais da empresa, para recolher os dados representativos do que se passou a designar por *situação inicial*.

Com a referida caracterização, procedeu-se à análise de alguns constrangimentos com impacto na rentabilização da produção e do balanceamento dos postos de trabalho que afectam os processos de refusão da fábrica da Hydro em Avintes. Para tal, foram seleccionadas ferramentas *lean*, das quais se exaltam as metodologias 5S e SMED e a uniformização e balanceamento dos processos.

Estando prevista a paragem de produção da empresa, durante a realização deste projecto, para substituição e manutenção de equipamentos dos processos alvo, apenas algumas das propostas aqui apresentadas foram implementadas até à data limite do projecto, ficando as restantes para implementação futura.

A presente dissertação destaca a perspectiva de inovação da Hydro ao promover num só projecto as competências de autocontrolo dos seus trabalhadores, através da simbiose da Ciência da Engenharia com a Arte do Audiovisual, avançando na criação de instruções de trabalho videográficas. Com tal decisão incluída neste projecto, a empresa ficou munida de uma ferramenta de apoio que une o conhecimento científico do processo à força visual para apoiar e instruir – numa perspectiva de formação contínua – os trabalhadores actuais e os futuros.

Palavras-chave: gestão ágil, uniformização, procedimentos operacionais uniformizados, metodologia 5S, balanceamento, melhoria contínua, instruções de trabalho, vídeo, controlo visual.

Workplace Improvement Program in the Cast House of an Aluminium Profiles Industry

Abstract

The paper that is presented was developed in a business environment at the company Hydro, to conclude the Mechanical Engineering Master's Degree – Production Management Specialization – in the Faculty of Engineering of the University of Porto.

The increasing competitiveness, in the global market, compels companies that assert themselves in this context to promote the continuous improvement of their processes, focusing on proposals of increasing value and responsiveness. This fact is Hydro's essence and is assumed in this multinational group's values, through the permanent challenge to update its methods and the implementation of solutions that can make the difference in the aluminium industry.

To help this purpose, and in a partnership with the Faculty of Engineering of the University of Porto, Hydro allowed an impartial analysis of its processes, in order to identify improvement possibilities.

The project began with the observation and learning of practices and procedures linked, directly or indirectly, to the company's industrial processes, in order to collect the most accurate data of what was designated as *initial situation*.

With this characterization, some constraints were analyzed because of its impact on the profitability of production and the balancing of workstations that affect the Hydro plant's processes in Avintes also was analyzed.

During this project, and since the company had to stop its production in order to replace and implement maintenance procedures of the target processes' equipment, only some of the proposals were embraced and implemented until the end of the project. Due to lack of time, the rest of the proposals remain for future implementation.

This dissertation highlights Hydro's innovation perspective by promoting, in only one project, its workers' self-control skills, through the symbiose of Engineering Science with the Art of Audiovisual, making a move to create the video work instructions. With this decision included in this project, the company acquired a support tool that unites the scientific knowledge of the process with the visual power to support and instruct – in a continuous training point of view – its current and future workers.

Keywords: lean management, standardization, standard operation procedures, 5S methodology, balancing, continuous improvement, work instructions, video, visual control.

Agradecimentos

A realização deste projecto seria fortemente prejudicada sem o apoio, a orientação e, sobretudo, a paciência das pessoas que me rodeiam e cujo carinho alimenta o meu percurso pessoal, académico e profissional.

Assim, começo por agradecer ao meu Pai, o Engenheiro Luís Ribeiro, por continuar a contribuir positivamente para as minhas conquistas; pelo apoio e pela transmissão de conhecimentos da sua profissão que contribuíram para algumas das propostas efectuadas na presente dissertação e, principalmente, por, mesmo após tantos anos, continuar a acreditar mais em mim do que eu própria.

Agradeço ao meu Orientador, o Professor Eduardo Gil da Costa, pela atenção e auxílio na redacção deste documento.

Agradeço ao Engenheiro Hermenegildo Pereira os apoio, dedicação e amizade dispensados, bem como pela bibliografia fornecida e pelos conhecimentos na área que me serviram de guia e de suporte ao desenvolvimento dos conteúdos desta dissertação.

Por fim, mas igualmente importante, quero agradecer à Hydro e a todas as pessoas que compõem esta empresa, não só pelo acolhimento e dedicação na realização deste projecto, mas pelo ambiente de trabalho proporcionado ao longo dos meses em que integrei a equipa. De facto, sinto que para este agradecimento ser o mais justo possível e transmitir verdadeiramente a minha gratidão eu deveria colocar os nomes de cada uma das pessoas com que trabalhei diariamente naquela empresa, mas tal não será possível devido à dimensão que esta lista iria atingir. Assim, na esperança de que toda a empresa fique representada, gostaria de agradecer:

- à Dr^a. Paula Camean, Plant Manager da fábrica de Avintes, pela revisão deste documento e pelas críticas construtivas em prol do seu sucesso;
- ao Eng^o. Rui Teixeira, Responsável pela Fundição de Avintes, e às equipas de fundição por todos os ensinamentos do processo, pela paciência e pelo suporte dado no desenvolvimento deste projecto;
- ao Eng^o. João Nina, Engenheiro de Processo, e ao Eng^o. Rui Loureiro, Gestor de Projectos, pelo acompanhamento do trabalho e pelo companheirismo;
- ao António Silva, Responsável de Matérias-Primas, pelo seu apoio, pelas dúvidas esclarecidas e pela convivência que se proporcionou;
- a todos os que trabalham na fábrica da Hydro em Avintes pela forma como me fizeram sentir parte da equipa.

*“Não se teria jamais atingido o possível,
se não se houvesse tentado o impossível.”*

Max Weber

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	A Hydro	1
1.2	O Projecto – Enquadramento e Objectivos	1
1.3	Planeamento do Projecto	3
1.4	Metodologia Utilizada	3
1.5	Organização de Conteúdos	4
2	Enquadramento Teórico	5
2.1	Do TPS à Filosofia <i>Lean</i>	5
2.1.1	Metodologia 5S	6
2.1.2	Controlo Visual	8
2.1.3	Uniformização de processos	8
2.1.4	Metodologia SMED	9
2.1.5	Pessoas Polivalentes	10
2.1.6	Balanceamento de Processos	10
2.1.7	Gestão da Qualidade	11
2.1.8	Sistemas <i>Kanban</i>	11
2.2	Filosofia <i>Lean</i>	12
2.3	Captação de Estímulos Visuais <i>versus</i> Textuais	13
2.4	Considerações	15
3	Situação inicial	17
3.1	A Hydro como Empresa Multinacional	17
3.2	A Hydro em Avintes	20
3.3	A Fundição da Hydro em Avintes	21
3.4	O Processo na Área da Fundição	24
3.4.1	Exposição do Processo	24
3.4.2	Análise do Processo	25
3.5	A Hydro em Avintes e o <i>Lean</i>	28
3.6	Considerações	29
3.7	Estudo do Processo na Área de Fundição	30
4	Propostas de Melhoria	34
4.1	A Nova Área de Fundição	34
4.2	Propostas Consideradas	36
4.2.1	Exterior Face ao Interior	36
4.2.2	Área da <i>Colada</i>	36
4.2.3	Área da Serra	39
4.2.4	Área do Forno	41
4.2.5	Outras Intervenções	42
4.3	Propostas Concretizadas	44
4.4	Análise de Resultados	47
5	Conclusões	50
	Referências	52
	ANEXO A: Cronograma	54
	ANEXO B: <i>Red Tag</i>	55

Siglas

CATLM – Cognitive-Affective Theory of Learning with Multimedia.

CTML – Cognitive Theory of Multimedia Learning.

EPI – Equipamento de Protecção Individual.

IED – Input Exchange of Die.

JIT – Just in Time.

OED – Output Exchange of Die.

PDCA – Plan, Do, Check, Act.

SMED – Single Minute Exchange of Die.

SOP – Standard Operational Procedure.

TPS – Toyota Production System.

TQM – Total Quality Management.

Glossário

5S – metodologia para organização do local de trabalho, com gestão visual e sem desperdício.

App – *software* desenvolvido para utilização em dispositivos electrónicos móveis, como telemóveis ou *tablets*.

Benchmarking – procura pelas melhores práticas, internas ou de mercado, para melhorar o desempenho e/ou resultados da empresa.

Bilete – terminologia oriunda do inglês *billet* adoptada para designar o bloco cilíndrico criado no processo de fundição (neste caso, de alumínio).

Bottleneck – gargalo, estrangulamento; posto de trabalho ou tarefa considerado como ponto de congestão que impede o sistema de ter melhor desempenho.

Changeover – mudança de produto ou ferramenta ou ajuste feito durante um processo.

Checklist – lista de verificação.

Cognitive Theory of Multimedia Learning – Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimédia.

Cognitive-Affective Theory of Learning with Multimedia – Teoria Cognitivo-Afectiva da Aprendizagem com Multimédia

Colada – terminologia espanhola que designa vazamento.

Deadline – data limite.

Input Exchange of Die – tarefa que deve ser executada com a máquina parada.

Layout – terminologia inglesa para designar projecto ou esquema.

Lean – ágil (sem desperdícios na criação, preservação e partilha de valor).

Just in Time – filosofia assente na entrega da quantidade certa no momento certo.

Kanban – cartão, quadro de aviso, etiqueta ou bilhete.

Muda – palavra de origem japonesa que designa desperdício.

Mura – palavra de origem japonesa que designa inconstância, variação.

Muri – palavra de origem japonesa que designa sobrecarga.

Output Exchange of Die – tarefa executada com a máquina em funcionamento.

Plan, Do, Check, Act – planear, fazer, verificar, actuar.

Setup – o mesmo que changeover.

Single Minute Exchange of Die – tradução crua: troca de matriz num único minuto; metodologia que se refere à mudança rápida de ferramentas.

Standard Operational Procedure – procedimento operacional uniformizado.

Stock – quantidade armazenada.

Tablet – dispositivo no qual são instaladas App para gestão e organização de ficheiros profissionais, académicos, pessoais, de entretenimento, etc..

Takt time – tempo de resposta na entrega, determinada pela procura de mercado.

Toyota Production System – Sistema de Produção Toyota.

Total Quality Management – Gestão da Qualidade Total.

Trading – venda a armazenistas.

Yamazumi – palavra de origem japonesa que designa o acto de empilhar.

Índice de Figuras

Figura 1 - O ciclo PDCA de Edwards Deming.	6
Figura 2 - Efeito da percepção perante estímulos visuais.	15
Figura 3 - Mapa de localizações Hydro a nível global.	17
Figura 4 - Imagem ilustrativa dos valores da Hydro.....	18
Figura 5 - Localizações do Grupo Hydro Iberia.	19
Figura 6 - Exemplos de: billetes, matrizes e perfis (respectivamente da esquerda para a direita).	20
Figura 7 - Diferentes áreas distinguidas pela pintura do chão da fábrica de Avintes.	20
Figura 8 - Planta da área de fundição, e respectiva legenda, à data do início deste projecto.....	21
Figura 9 - Entrada no espaço de fundição e respectiva legenda.	21
Figura 10 - Área da <i>colada</i> (de fundição) e respectiva legenda.	22
Figura 11 - Sala do espectrómetro e respectiva legenda.	22
Figura 12 - Área da serra e respectiva legenda.....	23
Figura 13 – Área de fusão inicial.....	23
Figura 14 - Área de armazenagem de sucata.....	23
Figura 15 - Marcações de passagem pedonal no chão do exterior da fábrica.	25
Figura 16 - Da esquerda para a direita: armário de ferramentas da <i>colada</i> ; cabide com acessórios para utensílios.....	26
Figura 17 - Da esquerda para a direita: depósito de etiquetas do Departamento de Qualidade; exemplo de etiqueta do Departamento de Qualidade.....	27
Figura 18 - Movimentação dos billetes por meio de um mecanismo de suporte de cargas suspensas.	28
Figura 19 - Imagem integrada na proposta da Hydro para a uniformização dos processos.	29
Figura 20 - Análise dos processos da fundição.	32
Figura 21 - Distribuição das cargas de trabalho por operador, segundo uma aproximação ao método <i>Yamazumi</i>	32
Figura 22 - Valores deduzidos da distribuição de carga de trabalho por operador, segundo uma aproximação ao método <i>Yamazumi</i>	33
Figura 23 - Planta actual, e respectiva legenda, da área de fundição da fábrica da Hydro em Avintes.	34
Figura 24 - Actuais equipamentos da área de fundição da fábrica da Hydro em Avintes.	35
Figura 25 - Actual área de fusão da fábrica da Hydro em Avintes.....	35
Figura 26 - Actual cabine de controlos do forno de fusão e da pá de carregamento da fábrica da Hydro em Avintes.....	35
Figura 27 - Pinturas no chão exterior face ao interior. À esquerda: degradação da cor ao longo da marcação pedonal; à direita: marcação em vias de desaparecimento.	36
Figura 28 - Indicador luminoso, de <i>colada</i> a decorrer, à entrada da fundição.....	37
Figura 29 - Armário ao lado da mesa de fundição.	37
Figura 30 - Exemplos de arrumação móvel.	38
Figura 31 - Instrumento de recolha de billetes.....	40
Figura 32 - Sistema de comunicação baseado num sistema <i>kanban</i>	42
Figura 33 - Solução construtiva da Hydro para desaperto manual de um componente dos moldes da mesa de moldação de billetes, aquando da manutenção dos moldes.	43

Figura 34 - Aparafusadora pneumática adaptável à solução construtiva sugerida.	43
Figura 35 - Esboço da implementação de quatro batentes verticais rampeados nos quatro cantos do conjunto base/mesa e respectivo pormenor.	44
Figura 36 - Grampo de fixação manual horizontal compacto.	44
Figura 37 - Exemplo de uma página de uma instrução de trabalho, e respectiva legenda, realizada para a fundição da Hydro em Avintes.	45
Figura 38 - Exemplo de uma plataforma <i>lean</i> móvel para <i>tablets</i>	46
Figura 39 - Distribuição das cargas de trabalho por operador, tendo em conta as alterações efectuadas, segundo uma aproximação ao método <i>Yamazumi</i>	48
Figura 40 - Valores deduzidos da nova proposta de distribuição de carga de trabalho por operador, segundo uma aproximação ao método <i>Yamazumi</i>	48
Figura 41 - Comparação dos tempos de ocupação dos operadores por <i>colada</i> , antes e depois da realização deste projecto.	49

1 Introdução

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial na empresa Hydro Extruded Solutions Iberia, especificamente na fábrica de Avintes, no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Especialização de Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

1.1 A Hydro

A Hydro é uma empresa multinacional que está presente em vários pontos dos diferentes continentes e que tem por objectivo proporcionar soluções em alumínio. Desta organização faz parte a Hydro Extruded Solutions Iberia e o projecto em causa foi desenvolvido neste grupo, particularmente, na fábrica em Avintes.

A fábrica de Avintes está dividida em quatro departamentos principais de produção:

- a fundição – área de desenvolvimento da presente dissertação –, responsável pela criação de billetes de diversas ligas de alumínio;
- o sector de matrizes, onde são maquinadas as matrizes com o formato de perfil pretendido;
- a extrusão, cuja função incide na transformação de billetes em perfis;
- a secção de valor acrescentado, na qual são executados produtos com características específicas de acordo com o interesse dos clientes.

A fundição da Hydro em Avintes – local de realização deste projecto – tem como finalidade o fornecimento de billetes de alumínio – ligas de alumínio em bruto – em duas vertentes: para consumo próprio e para outras entidades, incluindo outras fábricas do grupo. A primeira vertente, representa 56% da sua produção e destina-se ao abastecimento da linha de extrusão própria; a segunda vertente, para outras empresas que pretendam trabalhá-los tendo em conta os serviços que proporcionam e reflecte-se em 44%¹. O processo produtivo destes billetes é realizado em três pontos de produção a que, ao longo desta dissertação, bem como no seu título, são chamados de postos de trabalho: a *colada*², o *forno* e a *serra*.

1.2 O Projecto - Enquadramento e Objectivos

A dissertação, que aqui se apresenta, tem por finalidade a melhoria e o balanceamento de dois processos da área de fundição: a *colada* e a *serra*.

¹ Dados fornecidos pela empresa e referentes ao ano de 2018.

² Na Hydro e, como consequência na presente dissertação, é utilizada a terminologia espanhola *colada* para designar o vazamento.

O tema em análise inclui perceber quais são as tarefas de verdadeira importância indispensáveis à execução do processo e, por conseguinte, as que não acrescentam qualquer valor e porquê e, o principal, *o que e como* fazer para tornar o processo mais simples para quem o desempenha e o mais rentável possível para a empresa. Tal análise foi feita de modo imparcial, sendo que, nas propostas elaboradas e que serão discutidas no quarto capítulo, tanto podem ser encontradas pequenas alterações exequíveis no imediato, como investimentos maiores para melhores resultados a curto e longo prazo. De forma a levar a cabo tais propostas, foi feita uma análise das várias ferramentas passíveis de utilização e a devida adaptação ao tipo de trabalho, como será exposto mais adiante.

A vantagem em agir sobre estes temas reside na diminuição de custos e no aumento da produção de uma forma eficaz e eficiente. No entanto, é de salientar que num trabalho deste tipo não basta analisar ferramentas já existentes e implementá-las com base nos resultados obtidos noutras experiências. É, também, indispensável avaliar o impacto que tais medidas causarão na essência do processo, de forma a perceber se, apesar de o rentabilizarem, não afectam as características que o tornam único e, portanto, o diferenciam positivamente na sua área de negócio. Este ponto será fundamentado no capítulo 2 – Enquadramento Teórico.

Os objectivos deste projecto são, portanto, a rentabilização do tempo de trabalho, de modo a encontrar uma forma de executar os processos em causa minimizando o tempo desperdiçado em tarefas sem valor acrescentado e na análise do local de trabalho, procurando melhorá-lo a vários níveis, de maneira a contribuir para a rentabilização da produção.

O processo a tratar envolve um imenso cuidado e rigor, não só pela qualidade imperativa ao produto final, mas também pelo perigo adjacente ao trabalho com alumínio fundido e ao risco de acidentes graves, no eventual contacto com a água utilizada para o arrefecimento quando solidificado. O trabalho desenvolve-se em três turnos, por dia, de oito horas cada e tinha, no início deste projecto, como objectivo atingir três ou quatro *coladas* por turno, mediante a mesa de produção: de sete polegadas ou oito, respectivamente.

Apesar de todos os operadores deterem o conhecimento do processo, não existia um manual de procedimentos detalhado e actualizado na empresa. Detectada que foi esta necessidade, o desenvolvimento desta dissertação pretendeu dar-lhe resposta. Pelas razões apontadas anteriormente, o responsável pela fundição considerou que o sistema carecia de informação organizada, actualizada e detalhada que auxiliasse as equipas durante o período de laboração e, mesmo, que servisse de pilar às acções de formação da empresa. Neste sentido, delineou-se um plano de uniformização dos postos de trabalho, com o objectivo de elaborar procedimentos operacionais para os diferentes cargos. A finalidade assumiu-se na criação de uma forma de actuação padronizada no desenvolvimento das tarefas, de forma a que existisse um documento passível de instruir um operador acerca das condutas correctas para um trabalho de qualidade e, ao mesmo tempo, um aumento da produção derivado de um melhor aproveitamento do tempo útil de operação.

A produção estava, ainda, afectada pelo forno de fusão que era o principal responsável pela demora na execução do processo, razão pela qual a Hydro optou por levar a cabo um investimento num novo projecto. Em suma, este problema estava já em fase de resolução, dado que o forno iria ser substituído por um novo, de tecnologia mais moderna, motivo pelo qual a produção iria sofrer uma paragem total, durante o decorrer do projecto. Saliente-se que, esta foi uma excelente oportunidade para se presenciar o acto de levar a cabo um novo e relevante investimento numa das fábricas da multinacional. Porém, implicou um esforço de rentabilização do tempo disponível, para que, aquando do arranque da produção, estivessem já disponíveis os meios necessários à melhoria dos postos de trabalho em causa.

1.3 Planeamento do Projecto

O plano de acção foi dividido em doze etapas, oito das quais estruturadas para o ambiente empresarial e as restantes quatro espelham os períodos relativos à entrega e apresentação do presente ensaio.

A primeira fase correspondeu a uma integração na Hydro e à apresentação dos vários departamentos da empresa, do trabalho que é desenvolvido em cada um deles e das pessoas que o tornam possível. Foram, também, referenciadas datas e dados influentes na realização da presente dissertação.

Num segundo período, foi iniciada a recolha de dados repartida em dois estágios: a listagem de tarefas e materiais utilizados na fundição e, posteriormente, na serra. Nesta altura, foi fomentado um envolvimento com o trabalho desempenhado em terreno e, por conseguinte, a oportunidade de aprender todo o processo de uma forma mais detalhada junto das equipas. Constituídas por três pessoas – um Chefe de Equipa, um Responsável pelo Forno e um Responsável pela Serra – estas equipas foram um marco muito importante no progresso deste relatório, dada a transparência e esclarecimentos frequentes acerca dos procedimentos executados.

Seguidamente, foi feita uma análise ao processo, com base na observação e na recolha de imagens. A captura de imagens, não só em fotografia, mas também em vídeo, foi essencial como auxílio na medição de tempos e na decomposição de todas as sequências em movimentos. Esta foi também a época de descoberta dos primeiros movimentos supérfluos, com consequente perda de rentabilidade.

A fase cinco, já com a produção parada, foi o período traçado para o estudo das medidas a incorporar com a utilização das ferramentas apropriadas, previamente estudadas. Estas foram implementadas na etapa subsequente.

O período seguinte foi destinado à análise de resultados, de modo a testar as fases cinco e seis e, foi ainda reservado um espaço temporal como contingência, no caso de ser necessário proceder a alterações ou de haver atrasos durante a evolução do projecto.

Os últimos quatro estágios corresponderam às datas estabelecidas pela FEUP para a formalização da entrega desta dissertação, a saber:

1. entrega para revisão do Orientador;
2. submissão para discussão;
3. discussão pública;
4. submissão da versão final.

No Anexo A pode ser consultado o cronograma que resume a totalidade das etapas delineadas para a execução da presente dissertação.

1.4 Metodologia Utilizada

A metodologia adoptada para levar a cabo uma melhoria e um balanceamento de postos de trabalho na Hydro tomou várias formas, entre elas:

- a presença na empresa, possibilitando o diálogo directo não só com o Responsável pela área da fundição, mas também com todos os operadores das várias equipas que desempenham o trabalho diariamente;
- intrinsecamente ligado ao ponto anterior, a evidência empírica, onde se assinala a observação dos procedimentos e experimentação de propostas idealizadas;
- a recolha, extracção e análise de dados relevantes aos processos em estudo, nomeadamente a listagem de tarefas e respectivas deslocações durante a sua execução; a medição do tempo para levar a cabo tais tarefas; os registos fotográfico e videográfico dos procedimentos para uma recolha de dados mais eficiente e eventual

incorporação no trabalho desenvolvido, particularmente nos procedimentos operacionais uniformizados (ou SOP, do inglês *Standard Operational Procedures*);

- a aposta na formação às equipas, originando maior proximidade com os processos realizados na empresa e concedendo a oportunidade de a estudante assumir os dois papéis relevantes – formanda e formadora;
- a pesquisa bibliográfica em duas vertentes principais, mais especificamente *online* – em especial de artigos científicos em diversas bases de dados acessíveis pela UP – e física – de livros próprios ou disponíveis em bibliotecas – implicando uma selecção de estudos das matérias relacionadas com esta investigação, sobretudo nos campos da Engenharia, Psicologia e das Artes Multimédia;
- a constante discussão com os Professores da Universidade e Engenheiros do mesmo ramo como forma de reflexão crítica sobre os rumos a seguir no desenvolvimento desta dissertação;
- a avaliação da qualidade, principalmente no que toca não só ao modo como o trabalho é desenvolvido na entidade de acolhimento, mas também à capacidade crítica na elaboração deste projecto.

1.5 Organização de Conteúdos

O capítulo que aqui se encerra é uma introdução à presente dissertação e pretendeu contextualizar as condições e a necessidade de execução deste projecto, divulgando de uma forma geral os temas que serão tratados.

Após esta breve introdução, apresenta-se o capítulo seguinte, no qual se explana um contexto teórico dos motivos que levaram à execução desta dissertação, bem como uma breve análise das ferramentas – e do seu poder – consideradas na resolução de questões semelhantes. A este capítulo foi dado o nome de “2. Enquadramento Teórico”.

De seguida, no Capítulo 3, entendeu-se adequado expôr a situação da empresa – mais especificamente da Fundição – aquando do início deste projecto. Aqui são apresentados os pontos mais importantes, para o desenvolvimento desta dissertação, de todo o processo, não deixando espaço para detalhes dos procedimentos em específico, por dois motivos: o compromisso ético assumido em manter o sigilo no processo utilizado na estação de acolhimento e a ausência de necessidade de uma descrição detalhada na abordagem ao tema de trabalho proposto.

No quarto capítulo, intitulado “Propostas de melhoria”, é exposto o trabalho desenvolvido na empresa, bem como todos os instrumentos utilizados no decorrer do processo. Por fim, é feita uma rápida e concisa discussão dos resultados obtidos – em “5. Conclusões” – e reportadas algumas observações relativas ao projecto.

2 Enquadramento Teórico

A crescente competitividade entre empresas e a enorme exigência dos potenciais clientes culminam na necessidade de utilização de uma grande variedade de ferramentas que alimentem uma produção cada vez mais eficaz e eficiente. De facto, a diferença entre os dois termos e a sua resolução como uno coincide com o caminho para uma solução vitoriosa no mundo empresarial. Isto é, a eficácia conduz, por si só, aos resultados esperados e a eficiência complementa este trilho com a economia de recursos, implicando a sua mínima e melhor utilização.

Neste sentido, têm vindo a ser implementadas várias alterações na cadeia de produção e na gestão de recursos e de pessoas na indústria, em detrimento de velhos e ultrapassados hábitos, nomeadamente a produção em massa como objectivo único de um negócio. Muitas destas alterações são baseadas no sistema pioneiro utilizado pela Toyota, conhecido como Sistema de Produção Toyota – tradução literal de *Toyota Production System*, ao qual corresponde a sigla TPS – e assume-se como a defesa adoptada por Taiichi Ohno, director da Toyota em 1940, para fazer frente às dificuldades impostas pela Segunda Guerra Mundial. Da evolução do pensamento decorrente deste sistema surgiu a filosofia *Lean* (Womack and Jones 2003).

2.1 Do TPS à Filosofia *Lean*

Como já foi referido, a filosofia *lean* teve origem no progresso obtido depois de quarenta anos de estudo do TPS, cujo objectivo incidia na obtenção da elevada qualidade, a baixo custo e no melhor tempo possível. A procura destas características era suportada por várias metodologias, de entre as quais se destacam, para efeitos desta dissertação, o *just in time* (JIT) – que consistia em conseguir o produto no momento e na quantidade exactos –, a uniformização dos processos – estabilidade e previsibilidade através da uniformização – e a melhoria contínua – eliminação dos desperdícios de forma contínua com recurso às pessoas e à simplificação dos sistemas. O TPS nasceu, então, como uma nova cultura inerente à confiança nas pessoas para aperfeiçoar os processos, para encontrar e eliminar dificuldades e minimizar os stocks ao estritamente necessário, alcançando, por consequência, menores custos.

Mais do que um protocolo de trabalho, o TPS e, conseqüentemente o *lean*, surge como uma nova forma de *estar* no trabalho. Assim sendo, está desvendado um dos pontos chave desta filosofia: a envolvimento de todas as pessoas ligadas ao sistema, independentemente de como lhe estão ligadas, já que esta é uma forma de incentivo e, como tal, um potencial modo de vencer o primeiro obstáculo – a resistência à mudança. Como forma de o fazer e de impulsionar a melhoria contínua, William Edwards Deming, estudioso da melhoria contínua de processos produtivos reconhecido, essencialmente, pelo seu trabalho no Japão e nos Estados Unidos da América, apresentou ao mundo um ciclo, fundamental ao sucesso da melhoria contínua no mundo industrial, denominado pela sua sigla PDCA, que se apresenta na Figura 1.



Figura 1 - O ciclo PDCA de Edwards Deming.
(Fonte: Pinto 2014)

A sigla é oriunda do conjunto de palavras inglesas que a compõem – *plan, do, check, act* – e que se traduzem em *planear, fazer, verificar e actuar*, fechando então um ciclo de acções que se assumiam em:

1. delinear um plano que fosse de encontro aos objectivos;
2. implementar o plano traçado;
3. conferir os resultados obtidos;
4. tomar medidas correctivas sobre os resultados não satisfatórios.

Com este ciclo em mente, segundo Deming, estariam criadas as condições para incitar a melhoria contínua baseada no TPS, recorrendo a ferramentas como:

- metodologia 5S;
- controlo visual;
- uniformização dos processos;
- metodologia SMED;
- pessoas polivalentes;
- balanceamento de processos;
- gestão da qualidade;
- sistemas *kanban*.

Existem outras ferramentas de apoio ao Sistema de Produção Toyota, e como tal à filosofia *lean*, que não são aqui mencionadas devido à ausência de relação com o projecto (Pinto 2014).

2.1.1 Metodologia 5S

Os 5S são exactamente o conjunto de cinco palavras japonesas iniciadas pela letra *s*: *seiri, seiton, seiso, seiketsu* e *shitsuke*, que podem ser traduzidas para o português como arrumação, ordenação, limpeza, asseio e formação moral. Como metodologia, os 5S estão centrados na eliminação de desperdícios e na organização do local de trabalho (Womack and Jones 2003) e são utilizados na expectativa de se atingir maior qualidade, segurança, eficácia e diminuir a taxa de avarias. Nas indústrias japonesas defende-se que são necessários dois anos de promoção dos 5S, antes de se implementar qualquer procedimento *just in time*, e que tal deveria ser feito em dois estágios distintos. Numa primeira fase seriam implementados os

primeiros três S na quantidade certa e, numa segunda, seriam executados os dois últimos sob a forma de manutenção da primeira fase.

De salientar que, em ordem a atingir o sucesso, a implementação de um protocolo deste tipo passa, em primeira instância, pelo incentivo da gestão de topo e, de seguida, pela formação dos trabalhadores no sentido do uso desta metodologia. Depois, é importante verificar o estado das instalações e decidir uma secção piloto. Deverá existir uma comissão de gestão e um grupo de implementação do projecto, ambos responsáveis também pela actualização de um quadro que retrate o caminho percorrido e um ponto de situação rotineiro. Com estes elementos estão criadas as condições para concretizar cada um dos 5S e difundi-los, posteriormente, para as restantes zonas de trabalho (Courtois *et al*, 2006).

Seiri - Arrumação (1ª fase, 1º S)

O primeiro S diz respeito à selecção de objectos efectivamente necessários às funções exercidas no local de trabalho e à eliminação dos que não são necessários. O local de trabalho não é excepção ao hábito do “talvez venha a precisar mais tarde” e, por isso, vão sendo guardados, acumulados e misturados objectos que, no final, apenas ocupam espaço desnecessariamente. De modo a proceder-se a uma triagem bem feita e comprovar-se o grau de necessidade destes objectos é, frequentemente, utilizada uma categorização ABC e recorre-se, ainda, a zonas de espera de decisão, em que:

- A – utilizado frequentemente (por exemplo, diariamente);
- B – utilizado algumas vezes (como semanalmente ou mensalmente);
- C – utilizado raramente;
- Zonas de espera de decisão (ZED) – são locais onde são depositados os objectos que aguardam uma decisão (manter ou eliminar) e que, no entanto, já foram retirados dos seus locais habituais de maneira a testar a sua necessidade³.

Seiton - Ordenação (1ª fase, 2º S)

A segunda etapa desta metodologia consiste em organizar todo o material, desde os instrumentos no posto de trabalho à informação nos sistemas digitais. O princípio do segundo S incide em encontrar o que for necessário em menos de trinta segundos, seja uma chave de fendas ou um documento. Este torna-se, então, o primeiro corte nos desperdícios mais básicos, isto é, os de procura das ferramentas necessárias à execução do trabalho em si. De modo a pôr em prática o *seiton* existem várias técnicas usualmente utilizadas, como por exemplo recorrer à pintura do contorno de utensílios num painel de exposição para rápida identificação do seu local, aplicar cores diferentes no chão, não só para diferenciar as zonas de passagem das de produção, mas também para imediato reconhecimento de sujidade, entre outras práticas de efeitos semelhantes.

Seiso - Limpeza (1ª fase, 3º S)

A limpeza é uma prática imprescindível no local de trabalho por questões de higiene e, igualmente, como meio de prevenção. Isto é, uma irregularidade, como uma fuga de óleo, torna-se mais evidente num local limpo e, por isso, pode agir-se mais rapidamente antes que o

³ Habitualmente, estes objectos são etiquetados com a devida identificação e a data da última utilização. Como esta etiqueta é normalmente vermelha, utiliza-se geralmente a expressão *red label*, cuja tradução exacta é *etiqueta vermelha*. Um exemplo destas etiquetas pode ser consultado no Anexo B.

problema se alastre ou prejudique outros equipamentos, ou mesmo a saúde dos trabalhadores. Como tal, insistir numa cultura de limpeza frequente e definir datas e horários específicos para este cuidado é um forte contributo para um local de trabalho mais saudável e seguro.

Seiketsu - Asseio (2ª fase, 4º S)

Iniciada a fase de manutenção, surge o penúltimo S com o propósito de garantir que a aplicação dos primeiros três não é apenas esporádica, mas, pelo contrário, passa a fazer parte integrante das regras da empresa. Assim, o *seiketsu* vem padronizar e sistematizar o emprego contínuo dos *seiri*, *seiton* e *seiso* como qualquer outro hábito regular. De forma a que esta implementação tenha sucesso, surge, mais uma vez, a necessidade de envolver as pessoas, mostrando-lhes a importância desta metodologia e tornando-as parte integrante da responsabilização destas tarefas.

Shitsuke - Formação moral (2ª fase, 5º S)

O último estágio passa por um controlo continuado da aplicação global dos procedimentos, bem como pela verificação dos resultados a fim de efectuar alterações adequadas. Note-se que este passo é fulcral para potenciar qualquer actividade de melhoria contínua. Como tal, é estritamente necessário atender à participação construtiva de todos e a eventuais sugestões apresentadas (Courtois *et al*, 2006).

2.1.2 Controlo Visual

Os sinais visuais são utilizados em inúmeras situações do quotidiano, desde um simples semáforo numa passeira até ao trajecto desenhado no chão de um supermercado para mostrar o caminho. Esta forma de controlo tem vindo a ser adaptada às fábricas como contributo à melhoria contínua. Um exemplo disto já abordado na presente dissertação está intrinsecamente ligado à metodologia 5S, a qual se pode servir de um painel onde estão delimitados os contornos das ferramentas, tornando imediato o reconhecimento do seu local de arrumação (Ortiz and Park 2011).

Segundo este raciocínio, uma fábrica que se reconheça visual deverá conseguir informar os colaboradores através de sinais visuais e sonoros que facilitem ao máximo a compreensão do que, como, quando e onde fazer, bem como do que corre mal ou de onde é necessário auxílio. Assim sendo, o controlo visual é um pilar de apoio a operações à prova de erro e serve para demonstrar, nomeadamente, o modo de realização de determinada operação, a devida arrumação/armazenamento de itens, o ponto de situação de um processo, o posto de trabalho onde é necessária colaboração, os níveis de inventário, as zonas perigosas, etc.. De salientar que embora tenha começado exclusivamente por ser visual, nos dias de hoje, este tipo de controlo é, de igual maneira, auditivo, podendo recorrer não só a sinais visuais, mas também sonoros.

Resumidamente, o controlo visual pretende rentabilizar o tempo de produção, reduzir ou anular erros e simplificar a gestão e o controlo dos processos, primando pela simplicidade (Pinto 2014).

2.1.3 Uniformização de processos

A consistência das operações, produtos e serviços tem por base a normalização do trabalho. Se todos executarem da mesma maneira, no mesmo seguimento e com os mesmos utensílios, então pode dizer-se que o processo está uniformizado ou padronizado.

Os benefícios da uniformização residem na diminuição dos custos, na prevenção contra afastamentos não contributivos ao processo e, inevitavelmente, na previsibilidade de processos, contribuindo de uma forma eficaz para a melhoria contínua (Pinto 2014).

Uma boa uniformização de processos assenta numa análise destes no interior da própria organização, mas também num estudo de *benchmarking*, ou seja, na pesquisa incessante pelas melhores práticas da indústria em prol de um melhor desempenho do processo (Machfudiyanto *et al*, 2018). Na sequência dessa investigação, é exaltada a comunicação concisa e directa da informação obtida, utilizando as ferramentas mais adequadas consoante o tipo de tarefa – *checklists*, instruções de trabalho, regras, etc. (Picchi 2003). Por conseguinte, o objectivo da construção de instruções de trabalho é regular os processos através de uma exposição *do que* e *como* executar determinada função, obtendo desempenhos de tarefas uniformizados. Neste seguimento, essas instruções tornam-se conhecidas como procedimentos operacionais uniformizados – SOP, do inglês *standard operational procedures* – aptos a assistir os sectores a executar as suas funções de uma forma mais eficaz e eficiente (Machfudiyanto *et al*, 2018). Num processo uniformizado é mais fácil detectar e eliminar desperdícios.

Como remate, deve ser assinalado que é necessária uma revisão constante a estes procedimentos, no intuito de verificar se continuam a representar condutas com valor acrescentado à empresa ou se se estão a tornar obsoletos. O último caso apenas gera complexidade aos processos e custos desnecessários, enquanto que o primeiro torna o processo previsível, controlável e sustentável (George 2003).

2.1.4 Metodologia SMED

O método de redução dos tempos de mudança em série foi abordado por Shigeo Shingo na década de 60 e consistia em técnicas para alcançar trocas de ferramentas ou produtos ou, mesmo, ajustes efectuados durante o processo, de forma rápida, simples e sem erros. Em inglês, estas operações são denominadas de *setup* ou *changeover*, tornando-se a metodologia, naturalmente, conhecida como *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou *quick-changeover*. A necessidade de implementação do SMED advém da ausência de valor acrescentado ao processo durante um *setup* e dos custos associados ao tempo perdido nestas tarefas.

Por conseguinte, Shigeo Shingo propôs uma análise ao processo, de maneira a proceder-se à identificação das operações internas e externas – *input* e *output exchange of die* (IED e OED) – ou seja, operações que têm de ser realizadas com a máquina parada e operações que podem (e devem!) ser efectuadas durante o período de tempo em que a máquina se encontra em trabalho, respectivamente. A identificação destas operações tem por fim a redução das IED através da sua supressão ou da sua transformação em OED, sempre que possível, conseguindo, assim, minimizar os tempos de *setup*. Neste seguimento, um processo próximo do ideal tem um reduzido número de afinações ou ajustes, estando as IED imprescindíveis totalmente normalizadas (Courtois *et al*, 2006).

Resumidamente, a metodologia SMED consiste em cinco passos que se assumem como:

1. Compilação de uma lista com todos os passos, ferramentas e materiais necessários para realizar a mudança;
2. Distinção de todas as OED das IED e conversão do máximo número de IED em OED;
3. Uniformização dos procedimentos das OED e preparação das IED, através da criação de uma nova OED que consista em organizar os materiais e ferramentas para execução das IED;
4. Refinação e uniformização das IED com o intuito de minimização do tempo;

5. Avaliação constante do processo em causa, a fim de melhorá-lo e eliminar desperdícios (Williams and Sayer 2007)

O recurso à automatização só deverá ser pensado, em caso de necessidade, depois da formação das pessoas e da melhoria de equipamentos (Courtois *et al*, 2006). Isto é, já foi referido anteriormente a importância da envolvimento das pessoas na melhoria dos processos e, neste procedimento, esse tópico volta a ser fulcral, não só na atenção às suas sugestões, mas igualmente no investimento do seu treino. Noutra perspectiva, também eventuais alterações e configurações de equipamento devem ser melhoradas, evitando a paragem do processo e a consequente perda de tempo.

Com estas pequenas acções é possível obter uma evidente melhoria no trabalho em equipa e a redução dos tempos de mudança que são encarados como um dos mais fortes obstáculos em inúmeros processos (Pinto 2014).

2.1.5 Pessoas Polivalentes

Uma das metodologias cada vez mais presentes na rentabilização da produção é a polivalência dos trabalhadores. Isto significa que todos os colaboradores deverão receber formação para saber desempenhar as tarefas dos colegas e é esperado que cada trabalhador tenha a oportunidade de desenvolver um determinado nível de competência antes de cumprir com as suas novas funções sem qualquer supervisão ou auxílio.

A polivalência das equipas de trabalho implica um forte investimento na formação das pessoas, mas traz vantagens indiscutíveis ao fluxo da produção. Uma equipa que prima pela polivalência permite uma flexibilidade grande na distribuição de funções e na adaptação às necessidades de produção tendo em conta eventuais oscilações na procura. Para além disso, uma equipa polivalente está apta a operar as várias máquinas disponíveis e é capaz de compensar a ausência de um trabalhador, seja por falta ao trabalho ou por motivo de férias.

Por fim, pessoas polivalentes constituem equipas mais dinâmicas e incentivam o auxílio aos postos de trabalho mais vulneráveis, contribuindo para um melhor ambiente no trabalho, para a satisfação dos colaboradores e para uma produção menos susceptível a atrasos (Pinto 2014; Womack and Jones 2003).

2.1.6 Balanceamento de Processos

No seguimento do ponto anterior, o balanceamento dos processos afecta uma produção com o mesmo tempo de ciclo, obrigando a que a carga de trabalho seja igualmente distribuída por todos. Uma produção que contemple o balanceamento origina uma enorme flexibilidade no decorrer dos processos e um sistema ágil na resposta (Pinto 2014). Ora, isto só é possível através da polivalência dos trabalhadores. Isto é, o objectivo de efectuar um balanceamento de postos de trabalho é atingir a homogeneidade entre os operadores, no que toca à carga de trabalho que lhes corresponde. O balanceamento é, normalmente, executado de duas maneiras distintas, sendo a primeira uma análise determinística e, a segunda, uma análise estocástica ou probabilística.

Segundo Torres e Lemos (2014) vários autores desenvolveram estas técnicas no sentido de atingir a melhoria do balanceamento, sendo que na análise determinística destacam-se Lehman (1969), que preconiza a programação linear como método de minimização de custos originados pela falta ou incoerência de um balanceamento; Erel e Gokcen, estudam o algoritmo da rota mais curta em busca de uma solução ótima; Fernandes (2008) e Askin e Zhou (1997) fazem uso da programação inteira em ordem a minimizar o excesso de trabalho em cada estação; Gomes (2008) e Whitfield (2001) exaltam o balanceamento através do método *Yamazumi*. Já no que toca à análise estocástica podem ser referidos Lu e Wong (2005) e Silva (2010) que defendem o balanceamento através da simulação computacional; Khan e

Day (2002) dedicam-se à procura de soluções de balanceamento através do conhecimento obtido.

Para efeitos da presente dissertação, a metodologia que será aprofundada assenta no desenvolvimento de diagramas de carga *Yamazumi*, cuja finalidade é a distribuição de tarefas por operador, efectuando o seu nivelamento em função do tempo de produção dividido pela procura de mercado – ou *takt time*. O diagrama de *Yamazumi* pode tornar-se uma ferramenta vital, na medida em que demonstra visualmente a distribuição do processo, anexando uma distinção entre as tarefas com e sem valor acrescentado.

O *takt time* é obtido pela razão entre o tempo disponível para a produção e a procura de mercado. Por sua vez, a razão entre a soma dos tempos de duração das tarefas individuais pelo *takt time* dá o resultado do número mínimo teórico de estações de trabalho. Feito isto, o princípio assenta em distribuir o trabalho pelos operadores até obter um balanceamento da carga entre eles. Esta técnica permite a diminuição da quantidade de recursos e o aumento da produção (Torres and Lemos 2014).

2.1.7 Gestão da Qualidade

A gestão da qualidade tem vindo a ser moldada em harmonia com os processos por inteiro. Se inicialmente se poderia resumir o seu significado a um controlo final de conformidade ou não conformidade com as especificações previamente impostas, hoje é sinónimo de responsabilidade (Courtois *et al*, 2006)). A constante repetição de trabalho, bem como os custos adjacentes, no intuito de corrigir não conformidades na produção tradicional decretou a necessidade de um novo método de gestão da qualidade. Para além disto, o desenvolvimento do JIT determinou que era impossível entregar o necessário no momento indicado se o controlo de qualidade se assumisse como um problema em si mesmo. Como tal, em vez de procurar soluções temporárias e contornar os problemas, o JIT veio promulgar a procura das causas dos problemas e a sua supressão de raiz, conseguindo, então, uma filosofia assente em “fazer bem à primeira”, por meio de um controlo de qualidade faseado, ou seja, um controlo de qualidade efectuado em cada etapa (Womack and Jones 2003).

Em ordem a atingir um bom controlo de qualidade, foram avançadas várias técnicas como o PDCA – já referido na introdução deste capítulo –, a utilização de fluxogramas, cartas de controlo, análise modal de falhas, *checklists*, o uso do diagrama de Pareto (também denominado como regra 20/80) e do de Ishikawa (ou espinha de peixe), de histogramas, etc., todos eles contemplados numa filosofia que ficou conhecida como Gestão da Qualidade Total (do inglês, *Total Quality Management* ou, apenas, TQM). Através deste pensamento de controlo de qualidade faseado, é então possível a diminuição de várias categorias de custos, nomeadamente em serviços de pós-venda, em garantias, em despesas relativas à ausência de qualidade, entre outros, conseguindo um nível de qualidade muito superior ao obtido na produção tradicional (Pinto 2014).

2.1.8 Sistemas Kanban

O método *kanban* genérico assemelha-se à produção sob ordens de fabrico. De facto, torna-se mais simples uma vez que tem como alicerce a circulação de etiquetas. Para tal, um posto de trabalho deverá produzir apenas aquilo que o posto de trabalho seguinte lhe solicita, sendo que o último só deverá produzir o suficiente para dar resposta à procura do mercado.

Assim, para uma boa implementação deste método, deverá existir um quadro de planeamento no posto de trabalho em causa, no qual serão colocados os *kanbans* que representam as necessidades de produção.

As vantagens deste sistema traduzem-se na simplificação da gestão do trabalho, na sua descentralização, na diminuição de *stocks*, no aperfeiçoamento do serviço ao cliente e no facto

de denunciar eventuais problemas do sistema, conseguir uma propagação pronta da informação por toda a linha – seja de avarias, defeitos ou outros problemas – e potenciar a competência em termos de reacção do sistema (Courtois *et al*, 2006).

2.2 Filosofia *Lean*

Com o decorrer dos anos e a evolução do pensamento face aos negócios, o TPS veio dar lugar à filosofia *lean* de várias formas. O *lean*, desenvolvido com base no JIT, cuja vertente se apoiava numa alteração de comportamento da produção – passar a vender primeiro e fabricar depois em detrimento do hábito ultrapassado de fabricar primeiro e vender depois que conduzia, facilmente, a stocks excessivos e, logo, a custos desnecessários – é de simples adaptação às alterações da demanda (Dionísio 2013).

Ora, o termo *lean*, traduzido do inglês, significa *magro*, e é precisamente nisso que assenta esta filosofia: numa gestão magra dos recursos, isto é, executar o trabalho, gastando o menos possível, o que implica a supressão dos desperdícios e abona a favor da melhoria contínua e inovadora em prol de uma produção eficaz e eficiente e flexível às mudanças de ambiente.

Os desperdícios que afectam uma produção podem surgir com diversas configurações e o que esta filosofia trouxe foi um novo modo de lidar com eles: eliminar a causa, deixando cair o comportamento de contornar o obstáculo, pois, apesar de o tornar tolerável, acarreta custos e não resolve a situação de forma definitiva, não contribuindo positivamente para um desempenho industrial próximo do óptimo o mais possível (Courtois *et al*, 2006). Contudo, este é um dos maiores desafios de implementação de um sistema *lean* – a descoberta dos desperdícios, os *muda*⁴, existentes no processo. Existem sete tipos de desperdício reconhecidos:

1. Sobreprodução – produção executada além do necessário;

Retrata o acto de continuar a produzir quando já não é necessário, ou seja, mesmo quando já estão cumpridas as ordens de fabrico. Este desperdício faz com que a produção se torne superior à procura do mercado, causando *stocks* em excesso e custos supérfluos para além da óbvia ocupação de máquinas, mão-de-obra e espaços desnecessariamente.

2. Transporte – deslocações inúteis;

Um dos problemas no decorrer do trabalho é o facto de que muitos destes movimentos parecem, simplesmente, fazer parte dele, sendo que as pessoas não se questionam se poderiam desempenhar o seu papel sem tantas deslocações. No entanto, o transporte de materiais, peças, produtos ou informação cria uma fila de espera antes de iniciar uma actividade, pelo que é também um alvo de minimização da filosofia *lean*. No combate do segundo *muda* é fulcral a comunicação entre sectores e uma disposição do local de trabalho pensada de acordo com o fluxo do processo.

3. Movimento – gestos inúteis;

O movimento em excesso dos trabalhadores é também muito comum. Na realidade, as deslocações e os gestos inúteis advêm, muitas vezes, de um posto de trabalho mal desenhado ou desorganizado. Porém, este desperdício não se reduz a um movimento traduzido em distância e pode manifestar-se igualmente na troca constante de domínios num computador o

⁴ Palavra japonesa, muitas vezes, utilizada no contexto da filosofia *lean* e que significa desperdício. *Muda* é um termo que faz parte de uma metodologia 3M: *muda* – já explicado –, *mura* – variação, inconstância – e *muri* – sobrecarga. Reconhecer a presença destes três termos num processo, é um óptimo passo para começar a melhorá-lo.

que gera esperas na troca de informação. Qualquer um destes movimentos não acrescenta qualquer valor na execução do trabalho.

4. Inventário – excesso de *stocks*;

Este tema está intrinsecamente ligado à sobreprodução, na medida em que o excedente de materiais, produtos ou peças – os acabados e semiacabados – terá de ser armazenado, conduzindo a custos de transporte e administrativos (tempo de espera e localização de referências, longos prazos de entrega, não correspondência às expectativas do cliente, etc.).

5. Esperas – tempo de paragem;

São períodos nos quais os operadores ou as máquinas vêem a sua produção parada, enquanto aguardam que os materiais cheguem aos seus postos. Os tempos de paragem surgem, essencialmente, pelo desequilíbrio das linhas e respectivos tempos de ciclo.

6. Defeitos – peças que não cumprem com as especificações;

Um erro durante um procedimento implica a repetição de trabalho ou o retrocesso dos materiais até ao posto responsável para correcções que, por sua vez, provoca interrupções de trabalho e arrisca a perda de clientes para a concorrência.

7. Sobreprocessamento – operações inúteis;

O sobreprocessamento representa as operações realizadas para atingir especificações que ultrapassam as expectativas dos clientes, gerando uma gestão deficiente de máquinas, ferramentas e mão-de-obra e não acrescenta valor aos produtos.

Tendo estes tópicos em vista, o pensamento a salientar traduz-se na exigência de eliminar um problema em vez de o gerir (Courtois *et al*, 2006; Dionísio 2013; George 2003).

Na mesma linha de raciocínio, outras formas de pensar foram moldadas consoante a evolução do pensamento para o *lean*. A ideia de desenvolvimento de várias etapas de um processo em paralelo ou sobreposição denunciou a necessidade de abandono do tradicional controlo final de conformidade dos produtos e serviços e consequente substituição por um controlo faseado, através do qual se deposita a total confiança no trabalhador para avaliar a qualidade de execução das suas funções e se transmite a capacidade de segurança ao cliente. Assim sendo, fica já implícito o conceito de melhoria contínua adjacente à prática de uma nova cultura no local de trabalho, a qual envolve todas as pessoas relacionadas – directa ou indirectamente – com o processo. Sabendo que o operador é quem o executa no dia-a-dia, então ele é a pessoa mais indicada para contribuir na sua melhoria, mesmo que isso signifique recriá-lo de raiz.

Todavia, a etapa de escutar e assimilar os outros não se restringe aos trabalhadores. O *lean* abona a favor de um estudo contínuo do mercado, de modo a reconhecer eventuais clientes, a compatibilidade da oferta dos produtos e expectativas que despertam, a concorrência e aquilo de que o mercado carece.

Concluindo, o *lean* não poderia ser mais o espelho do seu próprio nome: uma gestão magra dos processos que evidencia e se liberta dos desperdícios que os prejudicam, construindo um sistema ágil e esbelto capaz de se sintonizar e harmonizar com as mudanças do ambiente em que se insere (Courtois *et al*, 2006).

2.3 Captação de Estímulos Visuais *versus* Textuais

Até ao momento foram abordados vários temas que tocam na envolvência das pessoas e na comunicação para fomentar o fluxo de informação na melhoria dos processos. De outra perspectiva, será agora abordada a forma como essa informação é recebida. De facto, a forma

como o cérebro humano assimila os dados é distinta consoante a sua transmissão seja feita através de estímulos verbais ou da utilização de estímulos visuais.

Apesar de existir uma rede de neurónios comum para ambos os estímulos, vários estudos realizados no âmbito da psicologia comprovam que as áreas do cérebro responsáveis pela activação de cada um são diferentes: por um lado, o lobo parietal inferior esquerdo é o responsável pela assimilação das palavras, enquanto que o giro occipital médio⁵ (Townsend and Kahn 2014) – circunvolução⁶ posterior à linha de divisão dos lobos parietal e occipital que constitui a face lateral do lobo occipital (Gusmão *et al*, 2001) – garante o processamento das imagens. Na realidade, o processamento de imagens pelo cérebro é feito de um modo automático e mais rápido, tornando a percepção do seu significado mais imediata quando comparado com a assimilação de texto. Neste contexto, a evolução neurocientífica possibilitou a comparação entre a imagem e o texto e cruzou-se com o facto de que as imagens são assimiladas de um modo mais rápido e automático tornando o seu significado de compreensão mais imediato do que o seu título; enquanto que o texto garante o acesso mais directo à apreensão dos nomes do que dos significados (Townsend and Kahn 2014). Isto dever-se-á ao facto de o texto e as imagens serem assimilados por canais diferentes da memória. Efetivamente, segundo a Teoria Cognitiva da Aprendizagem com Multimédia (CTML) o processamento de informação é caracterizado em três tópicos principais:

1. o processamento de informação visual e verbal é feito por canais diferentes da memória;
2. esses canais têm uma capacidade de memória limitada;
3. a aprendizagem implica um processamento activo.

No que toca ao primeiro ponto, sabe-se que a informação visual é assimilada pelo canal sensorial visual, mantendo-se nele na busca por novas informações. Já a informação verbal pode ser apreendida pelo mesmo canal – no caso de texto escrito – ou pelo canal sensorial auditivo – se se tratar de discurso oral – e pode transitar para o canal verbal ou ser acumulada na memória sensorial, cuja função será eleger as imagens e palavras mais relevantes e organizá-las de uma forma coerente. A partir deste momento, o receptor está apto a relacionar a informação recebida com outra arquivada na memória a longo prazo, criando um único modelo mental que conjugue todo o conhecimento adquirido. Neste seguimento, uma teoria correlacionada, denominada por Teoria Cognitivo-Afectiva da Aprendizagem com Multimédia (CATLM), faz ainda referência à motivação do receptor da informação, à metacognição – compreensão do processo de aprendizagem ou relação e comando de meios internos com objectos externos – e às diferenças individuais como factores importantes a considerar no processo de aprendizagem (Yue 2014).

Desta forma, é clara a compreensão de que as imagens incentivem um processamento mais emocional do que as palavras em si. Os estudos realizados no âmbito das Neurociências provaram, ainda, que o processamento de uma imagem é automático e pode, inclusive, ser de um modo inconscientemente natural, o que, por consequência, transforma uma aprendizagem em algo mais simples e fácil. Para além disto, existe ainda a diferença de como a informação é

⁵ A dedicação às Neurociências provou que o cérebro está dividido em quatro áreas distintas, designadas por lobos cerebrais, com diferentes funções: frontal (onde se dá o pensamento abstracto e se definem acções e movimentos), parietal (por sua vez dividido em duas zonas: a anterior – zona primária – responsável pela percepção das sensações, e a posterior – zona secundária – que recebe as informações da zona primária, analisa-as e interpreta-as), a occipital (onde se processam os estímulos visuais) e a temporal (na qual se apreendem os estímulos auditivos) (Gusmão *et al*, 2001).

⁶ Concavidades, saliências no cérebro que permitem o pensamento, o raciocínio lógico e estados subconscientes (Gusmão *et al*, 2001).

retida, ou seja, as palavras e os números são obrigatoriamente processados sequencialmente ou de maneira fragmentada, enquanto que as imagens são assimiladas como um todo de uma só vez, permitindo, ao canal de imagens, trabalhar em paralelo. De salientar que, apesar de se tratarem de dois estilos de processamento diferentes, é errado tomá-los como dois sistemas separados e de trabalho isolado; deve-se sim considerar que os sistemas trabalham alinhados entre si (Townsend and Kahn 2014).

Por último, deve ser mencionado que, considerando a imagem o estímulo visual de aprendizagem, as suas características são de grande relevância para uma perfeita captação do olho. Assim, o seu tamanho, a cor, o nível de detalhe, a definição, a luz, entre outras particularidades, são aspectos que devem jogar na mesma equipa, de maneira a não se perder informação importante. A Figura 2 representa um exemplo para facilitar a compreensão do que é dito.

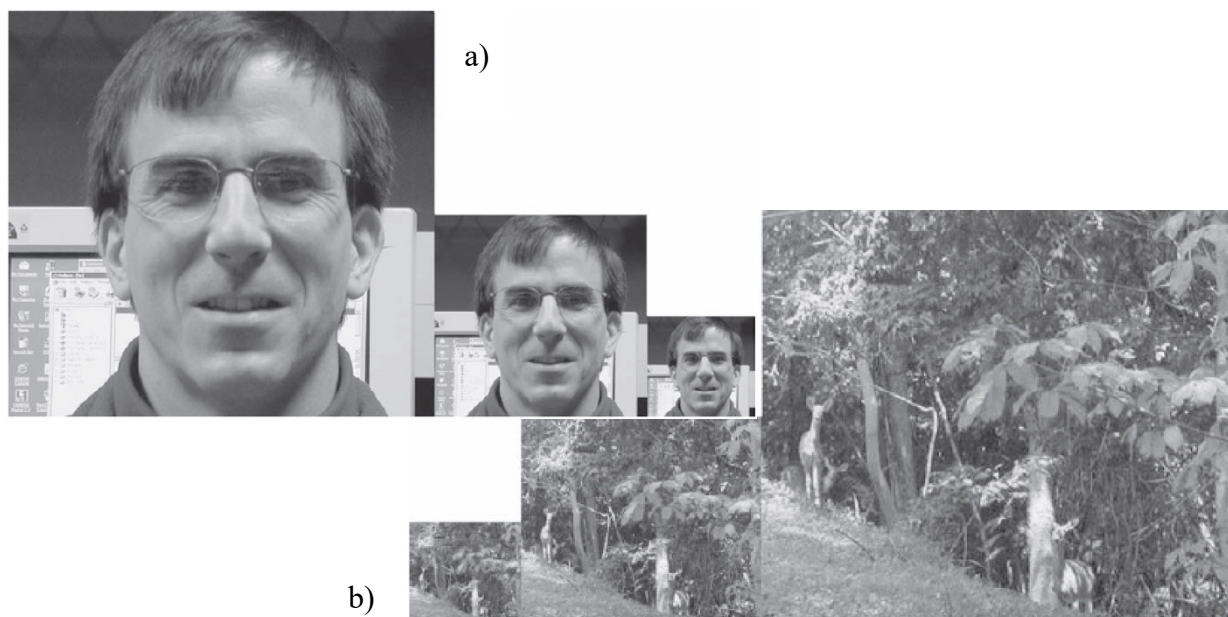


Figura 2 - Efeito da percepção perante estímulos visuais.
(Fonte: Krantz and Williams 2010)

Em primeiro lugar, é imediato perceber-se que, quanto maior for o tamanho, maior o estímulo. Em adição a este facto, na Figura 2 a) não existe demasiado detalhe em exposição, pelo que o tamanho, apesar de afectar a força do estímulo, não incita a perda de informação. O mesmo não se passa na Figura 2 b), onde no tamanho mais pequeno (1/8 do maior tamanho) apenas se depreende uma floresta, no entanto, à medida que a imagem aumenta, torna-se perceptível o veado do lado esquerdo, pelo que o tamanho influencia o nível de detalhe da informação a recepcionar. Eventualmente, se a imagem tivesse cor, esta perda de informação poderia não ser tão pesada. E é neste sentido que se torna compreensível a importância da conjugação das características de uma imagem.

Num mesmo contexto, também o uso de vídeos e animações pode ser considerado um forte contributo no processamento de informação, na medida em que estes conjugam os aspectos já mencionados e acrescentam o factor dinâmica (Krantz and Williams 2010).

2.4 Considerações

Neste capítulo foram apresentados métodos e ferramentas para melhorar a produção, na perspectiva de fazer mais e melhor em menos tempo, rentabilizando os recursos nos processos de fabrico. É, no entanto, de salientar que cada caso deve ser analisado como um único e é

muito importante perceber quais os procedimentos que definem a sua essência e o distinguem da concorrência. A fidelidade a esta ideia impede que um serviço ou produto caia na vulgaridade e, portanto, seja igual solicitá-lo em qualquer entidade.

Considere-se a indústria alimentar como exemplo. Se no fabrico de um bolo estiver em causa exclusivamente a rentabilização do tempo, então, poder-se-ia comprar o mesmo bolo em qualquer pastelaria. Contudo, a confecção distingue-se na receita e na sua implementação; isto é, nos ingredientes e na forma como são misturados. Logo, não faria sentido, por exemplo, eliminar um ingrediente especial, só porque se consegue preparar o bolo sem ele. É certo que aquele tempo seria eliminado e aproveitado para outras tarefas, mas incorrer-se-ia no risco de perder o sabor que o distingue da concorrência. A inclusão de tal ingrediente teria, como tal, de ser considerada uma tarefa de valor acrescentado na criação do produto, não podendo ser eliminada e implicando que a rentabilização da produção tivesse de ser adaptada de modo a incluir aquele passo, e outros da mesma importância.

Concluindo, a distinção entre tarefas com e sem valor acrescentado é uma etapa importante na análise de qualquer processo e, por isso mesmo, deve ser feita com o devido cuidado por forma a evidenciar os estágios em que, efectivamente, podem e devem ser reduzidos os tempos de execução, permitindo concretizar os restantes tempos devidamente, no período que for necessário.

3 Situação inicial

Para que um projecto tenha sucesso é imprescindível não só conhecer o seu propósito, mas também o contexto em que será realizado. De modo a que tal seja possível no que concerne a este projecto específico, é necessário entrar no universo Hydro e entender *o que, como e porque* é feito nesta empresa centenária e que opera em vários pontos do globo.

3.1 A Hydro como Empresa Multinacional

Ser Hydro é estar sediado em Oslo, mas presente em quarenta países de vários continentes (Figura 3); é fazer parte da extensa equipa liderada por Hilde Merete Aasheim⁷ e é partilhar os mesmos valores por um interesse comum.



Figura 3 - Mapa de localizações Hydro a nível global.
(In <https://www.hydro.com/en/about-hydro/hydro-worldwide/>, consultado em 2019.03.16, 16:48.)

Embora se tenha erguido apenas em 1905, o impulso à sua criação já havia sido dado dois anos antes, quando os noruegueses Sam Eyde e Kristian Birkeland definiram uma forma de captura de nitrogénio da atmosfera. Desde então, o espírito empreendedor, o desejo pela inovação e a constante alimentação dos seus valores serviram de padrão à empresa que hoje dá pelo nome de Hydro. Actualmente conta com trinta e cinco mil funcionários que são um forte contributo para a presença da empresa em todos os pontos do sector de alumínio.

⁷ Hilde Merete Aasheim assumiu funções como Presidente e CEO da Hydro no primeiro semestre do presente ano.

Ser Hydro é cumprir com os padrões de segurança, qualidade, saúde e ambiente e promover a sustentabilidade financeira e responsabilidade social corporativa; é entrar em parcerias que estimulem as pessoas⁸, o planeta⁹ e as possibilidades¹⁰. Para além disso, é exaltar incansavelmente um código de conduta, que apela ao compromisso ético, moral e social e que abrange todos os que consigo trabalham.

A Hydro está inserida em cinco áreas de negócio, sendo quatro delas directamente ligadas ao alumínio – Bauxita e Alumina, Metal Primário, Soluções de Extrusão e Produtos Laminados – e uma acoplada à Energia, atingindo, assim, um mercado de mais de trinta mil clientes (Hydro 2019¹¹).

“Our purpose is to create a more viable society by developing natural resources into products and solutions in innovative and efficient ways.”

The Hydro Way (The Hydro Way 2008).

A frase é retirada do site da empresa e espelha os principais valores que definem a Hydro – cuidado, coragem e colaboração (Figura 4) – na criação “... de uma sociedade mais viável através do desenvolvimento de recursos naturais em produtos e soluções de formas inovadoras e eficientes.”



Figura 4 - Imagem ilustrativa dos valores da Hydro.
(In <https://www.hydro.com/en>, consultado em 2019.03.16, 16:48.)

The Hydro Way reflecte a forma de trabalho da Hydro; mais do que uma forma de *estar*, é uma forma de *ser*.

Cada um dos seus grupos específicos – seja Extrusões Europa ou América do Norte, Tubulação de Precisão ou Sistemas Construtivos – tem uma quota de mercado conquistada entre os 18 e os 35%, dezenas de pontos no planeta, onde marcam presença, e milhares de pessoas a trabalhar em nome daqueles objectivos.

⁸ *Save the Children* e *The Nobel Peace Center* são dois exemplos de projectos que contam com a Hydro, neste âmbito (in <https://www.hydro.com/en/about-hydro/sponsorships/#people>, consultado em 2019.03.16, 16:48).

⁹ O interesse da empresa no planeta espelha-se no *Tea Hunt Light* e no trabalho incessante para diminuir o consumo de energia e as emissões e, ainda, na essência da empresa em si: a reciclagem contínua de alumínio (in <https://www.hydro.com/en/about-hydro/sponsorships/#planet>, consultado em 2019.03.16, 16:48).

¹⁰ A Hydro abre portas a parcerias ligadas à investigação, ao desenvolvimento tecnológico e ao design com a ressalva de que o alumínio seja parte da solução nestas hipóteses. Neste tema, salientam-se o *Powerhouse* e o *Climax* já desenvolvidos (in <https://www.hydro.com/en/about-hydro/sponsorships/#possibilities>, consultado em 2019.03.16, 16:48).

¹¹ In <http://www.hydro.com/>, consultado em 2019.03.16, 15:16.

Na Península Ibérica, onde está há cinquenta anos, a entidade assume-se como Hydro Extruded Solutions Iberia e o seu trabalho é desenvolvido através das suas nove prensas de extrusão, duas fundições, nove linhas de corte, sete linhas de maquinaria, quatro linhas de ruptura térmica e dois centros de tratamento de superfícies. Com as soluções de extrusão – Hydro Extruded Solutions Iberia – divididas por Navarra, La Selva, Santa Oliva, La Roca, Pinto e Avintes (a verde na Figura 5), a Hydro é projectada globalmente através de uma presença local. A Hydro Building Systems em Miranda de Ebro (a roxo Figura 5) e a Hydro Primary em Azuqueca de Henares (a cinzento Figura 5) contribuem para aquela projecção, não fazendo parte, no entanto, do grupo Hydro Extruded Solutions Iberia.

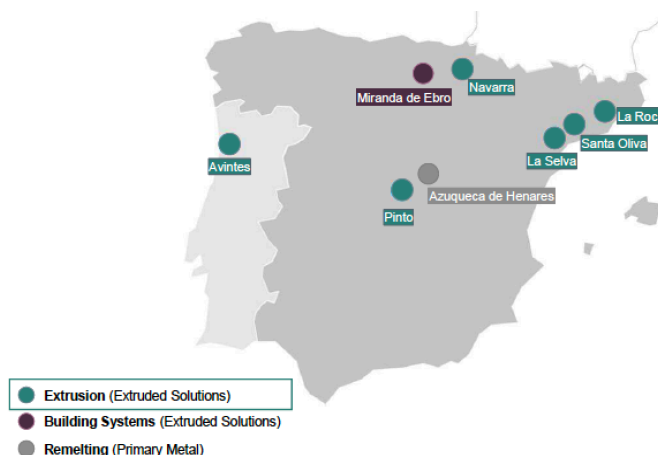


Figura 5 - Localizações do Grupo Hydro Iberia.
(Fonte: Iberia Group 2017)

Particularmente, em Avintes, a produção conta com uma prensa de extrusão, duas linhas de corte, duas linhas de maquinagem, oito centros de maquinaria de aço e uma linha de montagem e, ainda, uma área de fundição responsáveis por servir vários clientes nos sectores automóvel, transporte, indústria, B&C – Building & Construction – e *trading*, que em vendas se traduzem em parcelas de 2, 5, 19, 61 e 4%, respectivamente, ficando os restantes 9% para outros sectores. Desta forma, está habilitada a uma resposta pronta nas áreas de extrusão, fundição, fabricação de matrizes, valor acrescentado e controlo e análise de qualidade (Iberia Group 2017).

A fabricação de matrizes engloba o projecto e a execução das mesmas conforme as necessidades manifestadas pelos clientes. Tais matrizes são utilizadas na área de extrusão, onde os billetes são prensados, obtendo-se um perfil com a forma definida na matriz.

O valor acrescentado está dividido em duas secções: a ruptura térmica e a fabricação de perfis. A primeira é materializada com a junção dos perfis de alumínio com outros de material isolante, sendo estes produtos os adequados às necessidades de isolamento térmico requeridas e com eficiência energética certificada. A segunda responde a encomendas customizadas com o fornecimento de produtos adequados a determinadas especificações.

Para assegurar a qualidade dos seus produtos, o laboratório de qualidade está apto a efectuar análises de controlo, sejam elas químicas ou mecânicas, assegurando que a produção se encontra dentro dos limites de qualidade estabelecidos pelos requisitos dos clientes e do grupo.

Por fim, a área de fundição que não será apresentada no momento, já que, sendo a área de estudo deste projecto, sê-lo-á a fundo mais adiante. Na Figura 6 estão representados alguns dos produtos fabricados na unidade industrial de Avintes.

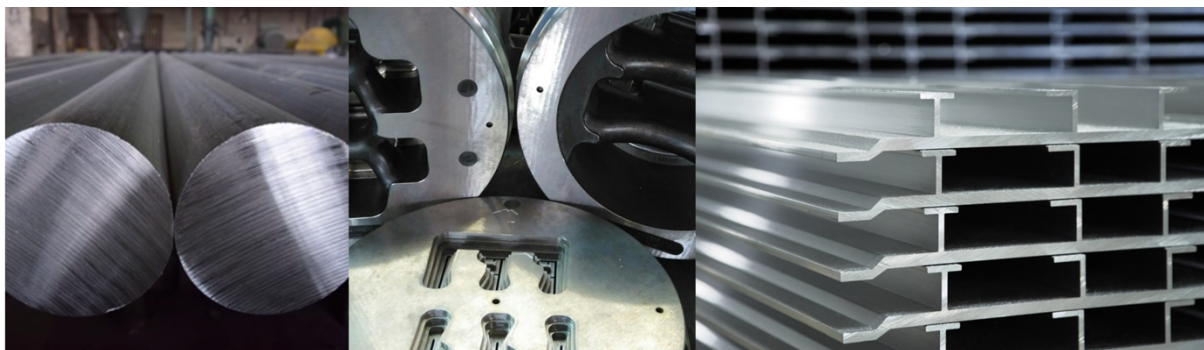


Figura 6 - Exemplos de: billetes, matrizes e perfis (respectivamente da esquerda para a direita).
(In <https://www.hydro.com/en>, consultado em 2019.06.12, 12:37.)

3.2 A Hydro em Avintes

A fábrica da Hydro em Avintes demonstra uma forte preocupação da organização com a segurança. Em vários pontos, desde o momento de entrada no recinto, é possível ver a sinalética de necessidade de equipamentos de protecção individual – EPI – e de precauções a adoptar durante o percurso pelas instalações. O pavimento exterior está marcado, sendo que as zonas de passagem pedonal estão pintadas a amarelo e podem ver-se sinais de paragem para verificação de eventual movimentação de viaturas e/ou de cargas. O pavimento interior, tal como pode ser observado pela Figura 7, encontra-se também pintado, de modo a distinguir-se a zona de passagem sem necessidade de EPI – azul escuro – das zonas de passagem com necessidade de EPI – azul claro –, de operação – verde –, de arrumação de equipamento – amarelo¹² – e de passagem interdita – vermelho.



Figura 7 - Diferentes áreas distinguidas pela pintura do chão da fábrica de Avintes.

Os EPI genéricos são constituídos por capacete, óculos, protectores auriculares, calças, camisola e sapatos de biqueira de aço com protecção metatarso próprios para trabalhos em fábrica. No caso da fundição, é obrigatório o uso das botas de biqueira de aço e blusão próprio para as operações básicas executadas nessa área. Durante a realização da *colada*, é também necessário um tapa-nucas, uma viseira completa – protege toda a cara, incluindo o queixo – e uma bata de protecção contra o alumínio fundido.

¹² Finalidade da cor exclusivamente para o interior da fábrica.

3.3 A Fundição da Hydro em Avintes

A área da Hydro em Avintes correspondente à fundição divide-se em três zonas: a da *colada*, a da serra e a de fusão. A Figura 8 representa a planta desta zona da fábrica, com a identificação dos pontos principais.

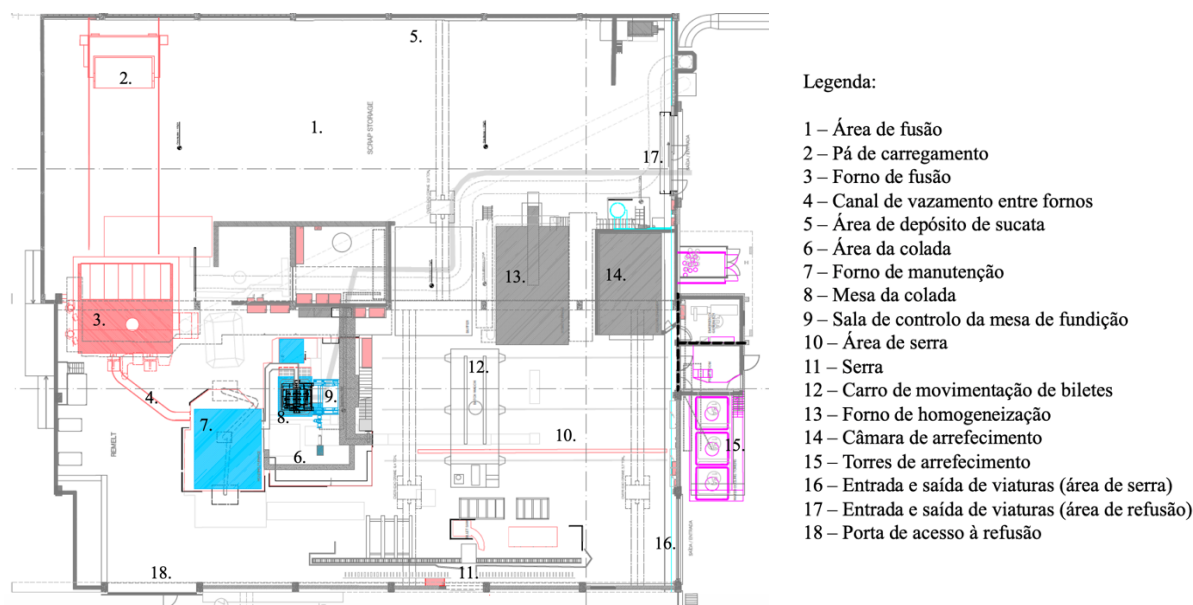


Figura 8 - Planta da área de fundição, e respectiva legenda, à data do início deste projecto.

Imediatamente à entrada do espaço de fundição é possível ver o forno de manutenção e a balança utilizada para pesar os elementos de liga, como se pode comprovar pela Figura 9. Para além destes, é possível ainda observar o novo forno de fundição que, à data do início deste projecto, se encontrava em fase de montagem.

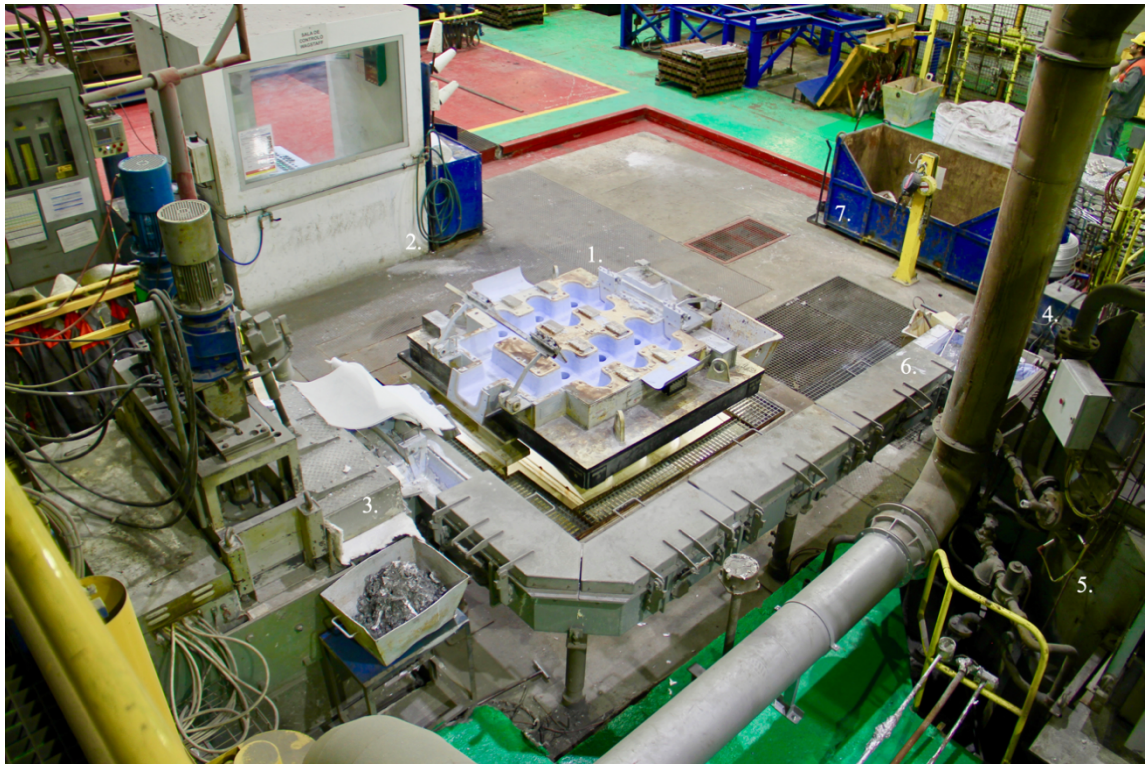


Legenda:

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 – Entrada da refusão | 3 – Balança | 5 – Forno de fusão |
| 2 – Forno de manutenção | 4 – Elementos de liga | |

Figura 9 - Entrada no espaço de fundição e respectiva legenda.

Já na área da *colada* propriamente dita, distinguem-se nomeadamente o forno de manutenção, o dispensador de Titânio-Boro, o desgaseificador, a sala de controlo da mesa de fundição e a mesa de fundição – mesa da *colada*. Na Figura 10 demonstra-se todo o recinto para melhor compreensão.

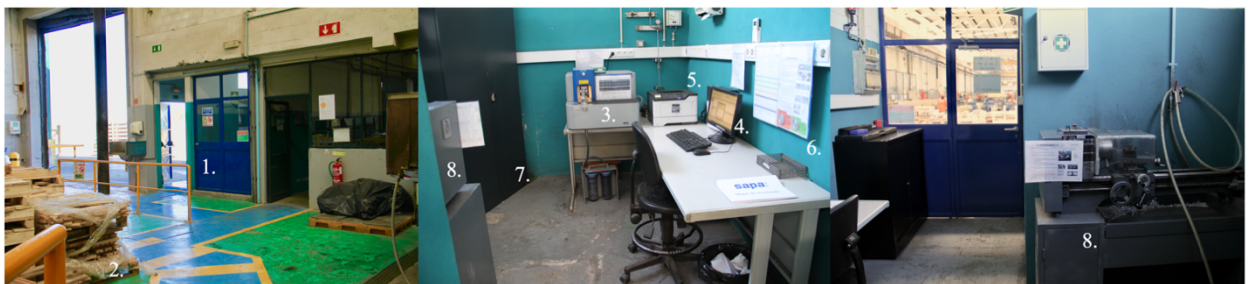


Legenda:

- | | | |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 – Mesa de fundição | 4 – Dispensador de titânio boro | 7 – Depósito de lixo |
| 2 – Sala de controle da mesa de fundição | 5 – Forno de manutenção | |
| 3 – Desgaseificador | 6 – Canal de vazamento do forno de manutenção ao desgaseificador | |

Figura 10 - Área da *colada* (de fundição) e respectiva legenda.

Como será apresentado posteriormente, parte do processo da fundição envolve o trabalho no espectrómetro – ver Figura 11 – que se situa próximo da zona de embalagem de perfis, antes do acesso à fundição.



Legenda:

- | | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------|
| 1 – Sala do espectrómetro | 3 – Espectrómetro | 5 – Impressora | 7 – Armário |
| 2 – Área de embalagem | 4 – Computador de análise | 6 – Instruções de utilização | 8 – Torno |

Figura 11 - Sala do espectrómetro e respectiva legenda.

Junto à área da colada, localiza-se a da serra, Figura 12, na qual se destaca a mesa de serra, a de gravação e a de embalagem, o carro de transporte de biletas, o forno de homogeneização, a câmara de arrefecimento e o buffer.



Legenda:

- 1 – Zona da colada
- 2 – Mesa de alinhamento de biletos
- 3 – Conveyor de serra
- 4 – Serra
- 5 – Conveyor de gravação
- 6 – Gravadora
- 7 – Mesa de embalagem
- 8 – Carro de transporte de biletos
- 9 – Entrada e saída de viaturas
- 10 – Forno de homogeneização
- 11 – Câmara de arrefecimento
- 12 – Buffer

Figura 12 – Área da serra e respectiva legenda.

O forno de fusão que se encontrava em utilização estava localizado na área de fusão e era carregado com uma pá que se deslocava longitudinalmente. Estes equipamentos, assim como o espaço, estão representados na Figura 13.



Legenda:

- 1 – Forno de fusão
- 2 – Pá de carregamento
- 3 – Canal de vazamento
- 4 – Área de sucata da refusão

Figura 13 – Área de fusão inicial.

Por fim, a zona de armazenagem de sucata, local onde os camiões descarregam os seus fornecimentos, situa-se no exterior e é constituída por três tulhas para sucata de alumínio a utilizar e duas tulhas para depósito de escória. Esta área está retratada na Figura 14.



Legenda:

- 1 – Zona de sucata
- 2 – Armazém
- 3 – Tulhas
- 4 – Depósitos de escória

Figura 14 - Área de armazenagem de sucata.

3.4 O Processo na Área da Fundição

A área da fundição na fábrica em Avintes deve ser analisada em duas fases. Numa primeira fase, é essencial compreender o processo por inteiro e o modo como as equipas desempenham as suas funções. Numa segunda fase, é necessário olhar para o espaço e para a forma de trabalho numa perspectiva crítica, de modo a salientar eventuais problemas e incoerências que possam estar na origem de desperdícios no processo de produção.

3.4.1 Exposição do Processo

À data de início do projecto, o processo desenvolvido na área da fundição iniciava-se com a compra de materiais recicláveis de alumínio – doravante denominados, apenas, de sucata.

A comunicação das ordens de fabrico (tipo de liga, diâmetro, *deadline*, etc.) era feita às equipas por parte do responsável pela fundição. Tais equipas eram constituídas por três operadores: um Chefe de Equipa – responsável por si mesmo e pelos restantes elementos do seu grupo –, um responsável pelo forno de fusão e um responsável pela serra – habitualmente denominados de Forneiro e Serra, respectivamente. No total, somavam-se cinco equipas, sendo quatro exclusivamente da fundição – A, B, C, D – e uma volante – E – que era, habitualmente, destacada para a fundição num dia, por semana, específico, estando nos restantes dias a trabalhar noutras áreas da fábrica. Como já foi referido, a produção divide-se em três turnos – manhã, tarde e noite – tornando-se, assim, contínua.

Conhecida a ordem de fabrico, a sucata era carregada para a pá por meio de uma empilhadora que, por sua vez, a depositava num forno de fundição de doze toneladas de capacidade. Este forno era manipulado através dos seus comandos de fecho e abertura, situados junto do mesmo e a pá era conduzida, de igual forma, pelo comando nela situado. Isto significa que o operador responsável pelas tarefas teria que as desempenhar tanto em proximidade com o forno como a par com a pá.

Após a fundição da sucata no forno de fusão, procedia-se à recolha de uma amostra da liga, a qual era torneada para respectiva análise química na sala do espectrómetro. Feita esta análise, o Operador estava apto a decidir se deveria ou não efectuar adição de elementos de liga. O alumínio fundido era depois transferido para um forno de manutenção com capacidade para dez toneladas, ao qual, em caso de necessidade, se adicionavam os elementos de liga necessários para obtenção da liga pretendida. Ao mesmo tempo, era aprontada a mesa de moldação dos biletos, o que implicava a sua limpeza e devida preparação para fundição. Uma vez concluídas estas etapas, o alumínio era, então, vazado para a mesa, onde se formavam os biletos.

No decorrer da *colada* em si, que demora cerca de 50 minutos, eram recolhidas duas amostras de controlo da qualidade: uma aos 2000 mm e outra aos 5000 mm de comprimento dos biletos. Estes procedimentos, à excepção dos carregamentos da pá e do forno de fusão e do vazamento para forno de manutenção, estavam a cargo, por norma, de um só operador – o qual, doravante, será denominado de Operador 1¹³.

Quando a *colada* terminava, os biletos, que nesse momento tinham um comprimento de 6300 mm, eram recolhidos por um outro operador – futuramente designado de Operador 2 – que, depois, deveria alinhá-los e deitá-los num transportador de rolos – ou *conveyor* – onde seriam cortadas ambas as extremidades, ficando com um comprimento final de 6000 mm, e gravada

¹³ Apesar de algumas das tarefas executadas durante o processo serem, normalmente, desempenhadas pelo mesmo operador de turno para turno, optou-se por não as associar, devido a eventuais diferenças no modo de trabalho das equipas. Assim sendo, como será visto ao longo do texto, os operadores serão chamados de Operador 1, Operador 2 e Operador 3.

uma referência de identificação. O passo seguinte era a homogeneização das ligas no forno térmico – o forno de homogeneização – e consequente arrefecimento numa câmara de ventilação. Enquanto os billetes eram submetidos à homogeneização e ao arrefecimento, as amostras que haviam sido recolhidas durante a *colada* eram analisadas e, uma vez cumprindo com as conformidades da Qualidade, eram impressas etiquetas de validação e depositadas na zona de serra. Caso contrário, seria comunicado às equipas que os respectivos billetes deveriam ser novamente fundidos. Por fim, os billetes eram cintados e etiquetados e, consecutivamente, colocados em *stock*, de onde seguiam para um dos dois destinos já referidos: extrusão na própria fábrica de Avintes ou vendidos a outras entidades.

As tarefas directamente ligadas com o forno de fusão eram desempenhadas por um outro operador – o Operador 3. Este Operador deveria escoriar o forno antes do vazamento e recarregá-lo imediatamente a seguir e para que esta tarefa fosse feita no menor tempo possível, o Operador 3 desempenhava um trabalho em *loop*: recolha de sucata da zona de armazenagem exterior, colocação na área de fusão, carregamento da pá, carregamento do forno de fusão, vazamento para forno de manutenção – como auxílio ao Operador 1 –, remoção de escória do forno de fusão e retorno ao ponto inicial.

Esta forma geral de trabalho estava já mecanizada pelas equipas, embora cada uma delas a adaptasse, tendo em conta os elementos da equipa e a sua experiência. Assim sendo, alguns dos procedimentos diferiam de turno para turno.

3.4.2 Análise do Processo

A entrada na área de fundição pode ser feita de duas formas. A mais comum é pelo interior da fábrica, passando pela área de embalagem dos perfis e entrando pela porta que dá de frente para o forno de manutenção – ver Figura 9. A outra, a partir do exterior, deve ser feita seguindo as marcações amarelas no chão, visíveis na Figura 15, atravessar as traseiras da área de embalagem de perfis, junto ao espectrómetro, e seguir as marcações azuis no interior da fábrica até à mesma entrada.



Figura 15 - Marcações de passagem pedonal no chão do exterior da fábrica.

Depois da entrada na área de fundição, a primeira chamada de atenção centra-se num armário na zona da colada, destinado à arrumação de ferramentas frequentemente utilizadas no posto de trabalho. Atrás da mesa de fundição, existe um cabide, com espaço para cinco EPI, de modo a manter todo o equipamento necessário sempre próximo do Operador, uma prateleira para utensílios e um tubo próprio para colocar rolos de material em utilização. Para melhor compreensão, tais equipamentos retratam-se na Figura 16.



Figura 16 - Da esquerda para a direita: armário de ferramentas da *colada*; cabide com acessórios para utensílios.

Tanto as marcações no chão mencionadas como o armário de ferramentas e o cabide com prateleira, entre outros utensílios, fazem parte de uma metodologia 5S implementada que necessita de reforço e controlo.

No desenvolvimento do trabalho em si, verificou-se que as equipas geriam os seus cargos de uma forma mais independente e de acordo com as necessidades encontradas no decorrer das suas funções: umas preparavam a mesa de uma só vez, outras interrompiam a preparação para levar a cabo o vazamento entre fornos; umas eram estritamente rígidas às funções de Chefe de Equipa, Forneiro e Serra, outras demonstravam uma dinâmica mais polivalente no exercício de qualquer uma das funções; etc.. Ainda no mesmo tópico, confirmou-se a necessidade de actualização e melhoria das instruções de trabalho disponíveis para auxílio aos operadores. Neste seguimento, aponta-se igualmente que algumas funções eram realizadas por determinados operadores, uma vez que os restantes não se sentiam tão confiantes para as desempenhar. Isto é, uma necessidade de troca de mesa de fundição – por necessidade de manutenção ou de produção de outras referências de diâmetros – exigia a presença de uma de duas equipas, já que as restantes três demonstravam algum desconforto para executar tal tarefa. Esta prática, por vezes, expandia-se para as funções da própria equipa, ou seja, não era comum uma destimidez para um operador que estivesse destacado para a área da serra ocupar a função de Chefe de Equipa, por exemplo.

Numa perspectiva semelhante, aponta-se que a equipa se ocupava frequentemente com serviços de organização, reposição e manutenção, nomeadamente na recolha de sucata do exterior, servindo-se de uma empilhadora, e consequente armazenagem na área de fundição; colocação dos billetes finalizados em *stock* exterior à área de fundição – o que implicava a recolha, novamente por meio de uma empilhadora, da área da serra e condução para depósito de armazenagem no exterior – ou mesmo manutenção aos moldes da mesa de fundição, entre outros afazeres análogos.

Durante os vários preparativos para a *colada*, os operadores dirigiam-se inúmeras vezes ao armário para recolher e/ou guardar os instrumentos necessários, fosse para a limpeza da mesa, fosse para a organização da fundição. Quando necessário, suspendiam estes trabalhos e procediam à recolha de uma amostra do alumínio fundido no forno de fusão, indo, de seguida efectuar a sua análise à sala do espectrómetro. Uma vez conhecida a composição química do material são efectuados os cálculos de necessidades de adição ou de diluição e os operadores encontravam-se, então, aptos a recolher os elementos de liga necessários à elaboração do produto pretendido e organizá-los para a sua adição durante e/ou após o vazamento do forno de fusão para o de manutenção. Feito este vazamento, era recolhida nova amostra e concretizada nova análise no intuito de comprovar a obtenção da liga pretendida. Saliente-se que, por norma, eram examinadas duas amostras por *colada* – uma para conhecer a composição química do material fundido e outra para comprovar a correcta adição de elementos de liga – no entanto, em casos extremos, poderiam ser feitas mais recolhas de

amostras, por exemplo, se a adição de elementos de liga não fosse validada com a segunda amostra ou para verificar a homogeneidade do banho¹⁴. Isto significa que, por turno, a cumprir um objectivo de três *coladas*, eram realizadas no total seis recolhas de amostras e, por conseguinte, seis análises químicas na sala do espectrómetro.

A referida adição de elementos químicos era levada a cabo na zona da entrada da fundição, junto a uma das portas do forno de manutenção, conforme pode ser observado pela Figura 9. De facto, na parede oposta à porta do forno de manutenção, existia uma balança para pesagem dos materiais que, por princípio, estavam colocados junto à própria balança e ao forno em questão. Assim, o operador – habitualmente, o Operador 1 – deveria recolher a quantidade estimada necessária, pesar e, assumindo o peso correcto, colocá-los ou directamente no forno de manutenção ou, no caso de alguns elementos específicos, distribuí-los pelo canal de vazamento entre o forno de fusão e o de manutenção.

Terminada a *colada*, o Operador 2 retirava os billetes do poço da mesa de fundição. Dependendo se estivesse a trabalhar com uma mesa de 7’’ ou de 8’’, o resultado final seriam vinte ou doze billetes, respectivamente. Este procedimento era feito por meio de um mecanismo de transporte de cargas suspensas – uma ponte rolante – e um meio de suporte constituído por quatro argolas de diâmetro suficiente para envolver os billetes. Isto significa que, com os equipamentos à disposição, o Operador 2 necessitava de cinco recolhas – de quatro billetes cada – no primeiro caso e três – igualmente de quatro billetes cada – no segundo.

De seguida, iniciava-se um circuito automático na serra. Em primeiro lugar, os billetes eram conduzidos, um a um, para a serra, onde os topos superior e inferior eram cortados. Depois desta etapa, os billetes eram transportados para o equipamento de marcação. A gravação consistia numa inscrição do tipo de liga, da referência da *colada* (data de realização da fundição, número de *colada* e equipa responsável), da fábrica (neste caso, Avintes) e, sendo homogeneizados no forno, das letras “HO”. O passo seguinte, dando por terminado o circuito automático, assumia-se na acumulação de billetes no *buffer* até que atingissem a quantidade suficiente para serem levados ao forno de homogeneização e, futuramente, à câmara de arrefecimento. Como já foi referido anteriormente, seguia-se a etiquetagem e armazenamento. Para a concretização da etiquetagem, o Operador 2 deveria recolher as etiquetas do depósito apropriado e prendê-las numa das cintas de embalagem. Uma imagem deste depósito e de um exemplo de etiqueta pode ser contemplada na Figura 17.



Figura 17 - Da esquerda para a direita: depósito de etiquetas do Departamento de Qualidade; exemplo de etiqueta do Departamento de Qualidade

¹⁴ O nome banho é atribuído à quantidade de alumínio fundido que se encontra dentro de um forno (de fusão ou manutenção).

No decorrer deste processo, os transportes não automáticos de biletos eram realizados através de um mecanismo de suporte de cargas suspensas preso a uma outra ponte rolante que exigia um cuidado redobrado, não só por se tratar de um equipamento instável na manipulação suspensa de produtos de 6000 mm de comprimento¹⁵, conforme é possível verificar pela Figura 18, mas também pela dificuldade manifestada pelos operadores no alinhamento dessas mesmas cargas quando empilhadas (no carro ou nas zonas de armazenagem) o que tornava esta manipulação um procedimento moroso.



Figura 18 - Movimentação dos biletos por meio de um mecanismo de suporte de cargas suspensas.

Por fim, destacam-se as tarefas periódicas como a troca de bolas dos queimadores do forno de fusão, ou a já citada troca de mesa, que implicavam uma longa procura das ferramentas adequadas no armário situado na zona da *colada*, já indicado no subcapítulo anterior. Para além disto, eram vistas como funções complicadas e, como tal, geradoras de algum desconforto no seu cumprimento. Assim, também estes exercícios eram procedimentos vagarosos.

Como última nota, é salientada a existência de um quadro de produção, no qual eram expostos os indicadores de produção do sector, de modo a que todos os elementos da fundição percebessem se os objectivos estavam a ser atingidos.

3.5 A Hydro em Avintes e o *Lean*

Numa observação geral, pode dizer-se que a fábrica da Hydro em Avintes estava já familiarizada com algumas metodologias *lean*, já abordadas no capítulo 2 da presente dissertação.

De facto, como foi mencionado neste capítulo, em 3.4 *O Processo na Área da Fundição*, questões como as diferenças de côr no chão da fábrica e o armário localizado na área da *colada* pertencem à metodologia 5S previamente implementada. Como se pode ver pela

¹⁵ Comprimento dos biletos após corte dos topos na serra.

Figura 16, a parte superior do armário continha inclusive pendurantes para uma exposição dos instrumentos mais utilizados.

Também o controlo visual marcava uma leve presença em alguns pontos da fundição. Embora já não estivesse em utilização, logo à entrada existia um sinal luminoso, indicador de *colada a decorrer no interior*. Neste seguimento, durante e após a transferência de material entre o forno de fusão e o de manutenção eram audíveis sinais sonoros indicadores dos diferentes movimentos do forno. O forno de homogeneização accionava um alarme sonoro a quinze minutos do término, alertando que o carro de transporte de billetes deveria ser esvaziado para a descarga deste forno e consecutiva carga na câmara de arrefecimento. Aquando do fim do arrefecimento dos billetes, um sinal luminoso junto à câmara acendia, como indicação de que os billetes poderiam ser retirados.

Além destas metodologias, aquando do início deste projecto, o responsável pela fundição propôs a uniformização dos processos e o balanceamento das funções, o que demonstrava a intenção da gestão de topo de implementar metodologias *lean* para melhoria dos postos de trabalho na fábrica. Uma imagem explicativa desta proposta pode ser contemplada na Figura 19.

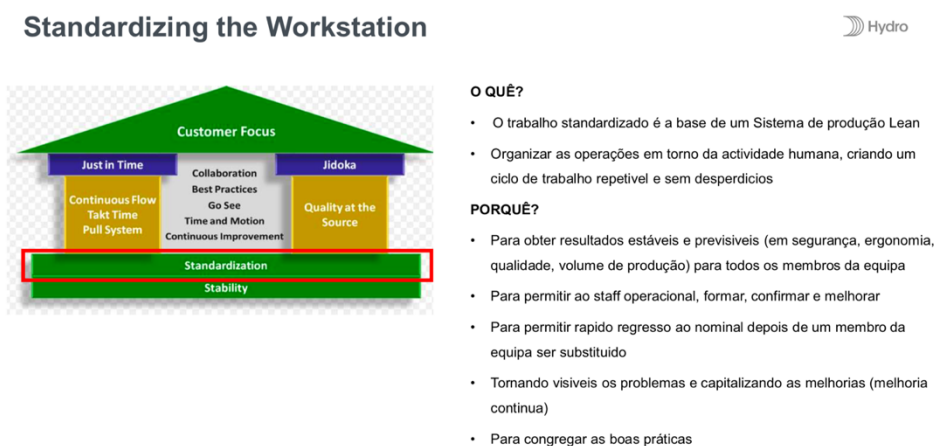


Figura 19 - Imagem integrada na proposta da Hydro para a uniformização dos processos.
(Fonte: Iberia Group 2017)

No mesmo contexto, foi manifestada a intenção de impor uma lógica SMED em alguns dos procedimentos, sob a forma de um projecto futuro.

3.6 Considerações

Após uma decomposição do processo na área de fundição da fábrica da Hydro em Avintes, foram retiradas as seguintes conclusões:

- o *bottleneck* inicial era o forno de fusão e depois de analisado o tema concluiu-se que, após substituição do equipamento, o forno de homogeneização passaria a ser o alvo desta classificação;
- a côr escolhida para delinear o percurso pedonal no exterior era diferente da do interior, podendo conduzir a erros no percurso por parte dos trabalhadores;
- as ordens de fabrico podiam usufruir de um sistema de comunicação mais eficaz;
- havia uma necessidade de refinar a metodologia 5S;

- as equipas necessitavam de uma actualização e melhoria das instruções de trabalho;
- havia uma necessidade de repetir as formações de modo a fomentar a polivalência nos operadores;
- uma disponibilização melhorada e uma proximidade maior das ferramentas necessárias poderia contribuir para uma execução mais facilitada das tarefas;
- os colaboradores ocupavam-se com exercícios que não acrescentavam valor ao processo e lhes tomavam tempo, como por exemplo a reposição de sucata na área da fundição;
- a concretização de algumas tarefas implicava percursos de longas distâncias, transformando-as em procedimentos morosos, nomeadamente no que toca à análise química no espectrómetro;
- existia a possibilidade de melhorar os tempos de realização de algumas tarefas, sobretudo nas trocas de mesa de fundição e das bolas dos queimadores do forno de fusão, nomeadamente através da implementação da metodologia SMED;
- havia a possibilidade de repensar o número de tulhas e a forma de segregação da sucata.

3.7 Estudo do Processo na Área de Fundição

Como forma de iniciar um estudo da situação inicial, procedeu-se à construção de uma tabela que conjugasse todos os dados essenciais e permitisse uma análise imediata dos processos, contando com uma *colada*, com a serra dos billetes de uma *colada* e com o embalamento de uma carga completa terminada no forno de arrefecimento. Assim sendo, e como se pode ver pela Figura 20, a tabela inicia com a identificação da área de intervenção – neste caso, a fundição – e, imediatamente a seguir, da intenção da sua construção – uma simulação para três postos de trabalho e três operadores. Na linha seguinte, estão registadas as características principais do produto – billetes de 6000 mm de comprimento e execução na mesa de 7’.

Para a explicação que se segue vale a pena fazer uma breve nota relativamente ao que são consideradas tarefas com e sem valor acrescentado no âmbito deste projecto, já que estas não serão explicitadas ao longo da presente dissertação por motivos de sigilo sobre os processos da empresa. No grupo das primeiras foram consideradas todas as acções com contribuição directa para o processo, como, por exemplo, todas aquelas que dizem respeito à preparação da mesa em si. As segundas traduzem as tarefas que não têm contributo para o processo, como todo o tipo de deslocações e transporte de materiais, produtos semiacabados e acabados. No capítulo seguinte veremos ainda a distinção entre tarefas sem valor acrescentado e desperdícios, sendo que, de forma a perceber-se melhor, exemplifica-se que:

- a porta do forno tem de ser fechada após escoriar o forno mas não acrescenta qualquer valor ao processo em si e, se possível, deve ser minimizado o tempo de fecho ou o número de vezes que é fechada (o que implica o número de vezes que é aberta), pelo que pertence à categoria das tarefas sem valor acrescentado;
- já a deslocação de um operador para ir buscar uma ferramenta não só não acrescenta valor ao processo como deveria ser eliminada, uma vez que é desnecessária, pelo que este movimento pertence à categoria dos desperdícios.

Assim sendo, e retomando a explanação da tabela elaborada, a primeira coluna assinala o posto de trabalho – PT1 Colada, PT2 Serra e PT3 Forno – e as seguintes, respectivamente, o número de etapa, a tarefa, a subtarefa, a deslocação e o material; ou seja, o grupo de tarefas relacionadas numa só função, a tarefa em específico e a acção envolvida bem como o material

necessário para a sua execução. A coluna seguinte, coluna sete, classifica as acções em tarefas com valor acrescentado – o correspondente número 1 a verde – ou sem valor acrescentado – o número 0 a roxo.

O grupo das cinco colunas seguintes revela a alocação de cada tarefa ao posto de trabalho que lhe corresponde – PT1, PT2 e PT3, em concordância com a coluna 1 –, mantendo-se o destaque das tarefas sem valor acrescentado e definindo o tempo total de cada tarefa, ou seja, as colunas foram preenchidas com o tempo, em segundos, que cada acção demorava. A coluna onze resume as tarefas sem valor acrescentado e a coluna doze faz o somatório total dos tempos gastos no conjunto de tarefas relacionadas entre si.

As seis colunas seguintes retratam como os tempos definidos no grupo anterior se distribuem por operador – colunas denominadas de T(OP1), T(OP2) e T(OP3) –, e demonstra visualmente a ocupação do operador em causa – OP1, OP2 e OP3.

Note-se que no documento foi imposta a formatação condicional, de modo a que as cores correspondentes às tarefas com e sem valor acrescentado da coluna sete correspondam sob o mesmo critério às colunas que definem os tempos, seja por posto de trabalho, seja por operador.

As últimas duas colunas estão programadas para que, em função do tempo total de produção, seja perceptível o número total de *coladas* e de billetes cortados por turno e por dia.

No final da folha de cálculo podem ser observados os resultados finais, isto é, o número total de tarefas com e sem valor acrescentado e o somatório dos tempos de execução por posto de trabalho e por operador, levando em conta a distribuição de trabalho por operadores como era feita até ao momento. Isto significa que a diferença entre o somatório dos tempos por posto de trabalho e por operador assume-se no modo como as equipas trabalhavam. Por exemplo, o vazamento entre os fornos de fusão e manutenção era feito por dois operadores. A tarefa em si pertencia ao posto de trabalho da *colada*, no entanto, se os operadores que executassem o vazamento fossem o responsável pela serra e o responsável pelo forno, então os tempos são somados nas colunas dos Operadores 2 e 3. Para além disto, foi ainda criado um código de cores para assinalar:

1. componentes ou recursos que, devido às suas características, incrementavam o tempo utilizado pelo operador na tarefa;
2. acções consideradas erradas ou prejudiciais ao decorrer do processo, devendo ser eliminadas posteriormente;
3. tarefas que deviam ser incluídas no futuro (corrigindo as anteriores).

Feita esta análise, obtiveram-se 866 acções, das quais 419 foram consideradas com valor acrescentado e 447 sem valor acrescentado, sendo que após a conversão dos tempos para horas, observou-se que:

- de 2 horas e 27 minutos que demorava o processo da *colada*, apenas 2 horas e 02 minutos se assumiam em tarefas de valor acrescentado o que implicava, por conseguinte que 25 minutos fossem desperdiçados em tarefas sem valor acrescentado;
- de 3 horas e 43 minutos absorvidos pelos procedimentos da serra, somente 2 horas e 12 minutos representavam tarefas com valor acrescentado e, logo, 1 hora e 31 minutos estavam perdidas em acções sem valor acrescentado;
- de 1 hora e 37 minutos necessários para realizar um *loop* do forno, 52 minutos retratavam tarefas com valor acrescentado, fazendo com que os restantes 45 minutos fossem gastos em actividades sem valor acrescentado.

Na Figura 20 é possível verificar um excerto desta tabela, de maneira a compreender-se melhor o que foi aqui exposto.

REFUSÃO																									
SIMULAÇÃO PARA [3] POSTOS DE TRABALHO E [3] OPERADORES																									
Ponto de trabalho	BILETES 6000 MM					CLASSIFICAÇÃO DA TAREFA		LOCALIZAÇÃO DE TEMPOS E TAREFAS					UTILIZAÇÃO DE OPERADORES					CAPACIDADE DE PRODUÇÃO							
	ETAPA	TAREFA	SUB-TAREFA	DESLOCAÇÕES	MATERIAL / EQUIPAMENTO	VALOR ACRESCENTADO	TDT = TEMPO DE TAREFA [s]					TDT	OP = OPERADOR ; T = TEMPO					UNIDADES POR TURNO	UNIDADES POR DIA						
							1 = SIM ; 0 = NÃO	PT 1	PT 2	PT 3	SEM V/A		OP 1	T (OP 1)	OP 2	T (OP 2)	OP 3			T (OP 3)					
PT 2 - Serra	788	Enxame		Preparar a máquina	Enxame de 7"	1	0	10	0	0		0	0	10	0		COLADAS	COLADAS							
	789			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0	0	3	0	3		0	0	3	0										
	790			Preparação do	Enxame de 7"	1	0	6	0	0		0	0	6	0										
	791			Preparação da máquina	Enxame de 7"	1	0	10	0	0		0	0	10	0										
	792			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0	0	2	0	2		0	0	2	0										
	793			Preparação do	Enxame de 7"	1	0	7	0	0		0	0	7	0										
	794			Preparação da máquina	Enxame de 7"	1	0	9	0	0		0	0	9	0										
	795			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0	0	3	0	3		0	0	3	0										
	796			Preparação do	Enxame de 7"	1	0	8	0	0		0	0	8	0										
	797			Preparação da máquina	Enxame de 7"	1	0	11	0	0		0	0	11	0										
	798			Preparação do	Enxame de 7"	0	0	2	0	2		0	0	2	0										
	799			Preparação da máquina	Enxame de 7"	0	0	16	0	16		0	0	16	0										
	800	Deslocação	Enxame de 7"	1	0	19	0	0		199	0	19	0												
	801	Desmontagem enxame		Preparação da máquina	Enxame de 7"	0	0	14	0	14		0	0	14	0										
	802			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0	0	11	0	11		0	0	11	0										
	803			Preparação do	Enxame de 7"	1	0	0	0	0		0	0	0	0										
	804			Preparação da máquina	Enxame de 7"	1	0	6	0	0		0	0	6	0										
	805			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	1	0	2	0	0		0	0	2	0										
	806			Preparação da máquina	Enxame de 7"	0	0	44	0	44		0	0	44	0										
	807			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	1	0	5	0	0		0	0	5	0										
	808			Preparação da máquina	Enxame de 7"	1	0	2	0	0		0	0	2	0										
	809			Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0	0	5	0	5		0	0	5	0										
	810			Preparação da máquina	Enxame de 7"	0	0	2	0	2		91	0	2	0										
	811			Preparação serra		Preparação da máquina	Enxame de 7"	0	0	93	0	93		0	0	93			0						
812	Deslocação do Operador					Enxame de 7"	0	0	25	0	25		0	0	25	0									
813	Preparação da máquina	Enxame de 7"	1			0	254	0	0		0	0	254	0											
814	Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0			0	123	0	123		0	0	123	0											
815	Preparação da máquina	Enxame de 7"	1			0	254	0	0		749	0	254	0											
816	Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0			0	50	0	50		0	0	50	0											
817	Preparação da máquina	Enxame de 7"	1			0	30	0	0		0	0	30	0											
818	Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0			0	50	0	50		0	0	50	0											
819	Preparação da máquina	Enxame de 7"	0			0	50	0	50		0	0	50	0											
820	Deslocação do Operador	Enxame de 7"	0			0	50	0	50		120	0	50	0											
821	Ampliação serra		Deslocação do Operador			Enxame de 7"	0	0	50	0	50		0	0	50	0									
822			Preparação da máquina			Enxame de 7"	0	0	50	0	50		0	0	50	0									
823	RESULTADOS BASEADOS EM MEDIÇÕES EXPERIMENTAIS E REGISTOS DE VÍDEO					A TAREFA A ACRESCENTAR		A TAREFA A ELIMINAR		COMPONENTE OU RECURSO PRECÁRIO QUE INCREMENTA TEMPO UTILIZADO PELO OPERADOR NA TAREFA		Maria Ribeiro		419	447	8793	13375	5803	9901		8786	13375	5803		
824	SOMATÓRIO DOS TEMPOS DE TAREFAS DESPREZANDO TAREFAS SEM VALOR ACRESCENTADO															7282	7944	3089			7275	7944	3089		

Figura 20 - Análise dos processos da fundição.

Após uma análise da tabela construída, procedeu-se à elaboração de um diagrama simplificado que retratasse a distribuição da carga de trabalho por operador, no que respeitava a uma *colada* e respectivas tarefas de serra. Tal diagrama representava uma aproximação do método *Yamazumi* e pode ser observado na Figura 21.

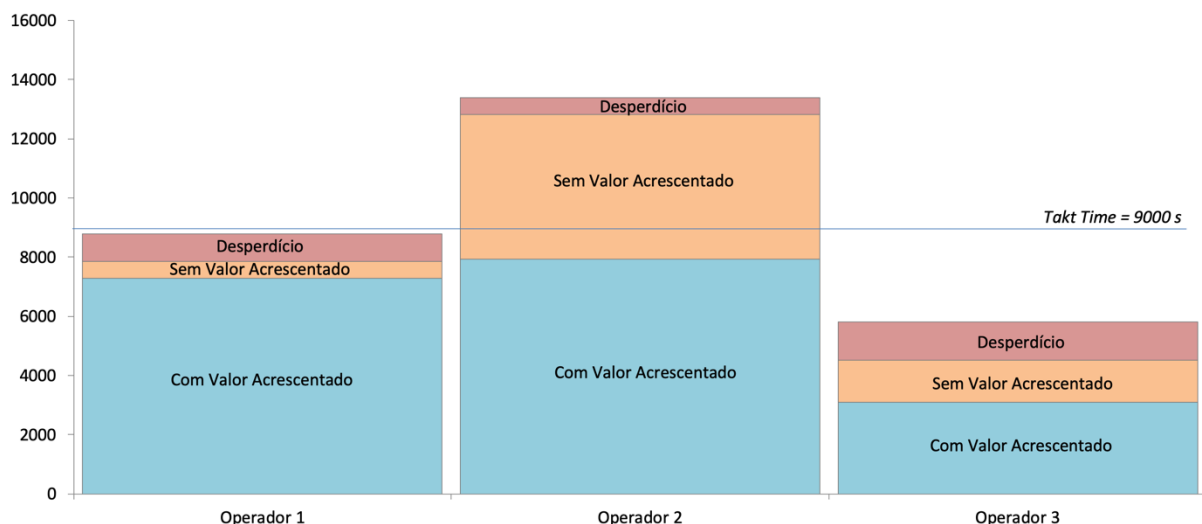


Figura 21 - Distribuição das cargas de trabalho por operador, segundo uma aproximação ao método *Yamazumi*.

O *takt time* foi calculado levando em conta o tempo disponível para produção, descontando o tempo de paragem, por dia relativamente à necessidade diária (à procura), tal como se demonstra na equação (3.1).

$$Takt\ time = (T - P) / N \quad (3.1)$$

Onde:

T, é o tempo de produção
P, é o tempo de paragem, e
N, é a necessidade diária

Com o cálculo descrito, obteve-se o resultado demonstrado em (3.2).

$$\begin{aligned} Takt\ time_{\text{mesa de 7''}} &= [(24\ \text{horas} - 1\ \text{hora}\ 30\ \text{minutos}) / \text{dia}] / (9\ \text{coladas} / \text{dia}) = \\ &= 22\ \text{horas}\ 30\ \text{minutos} / 9\ \text{coladas} = \\ &= 81\ 000\ \text{segundos} / 9\ \text{coladas} = \\ &= 9000\ \text{segundos} / \text{colada} \end{aligned} \quad (3.2)$$

obtendo-se, então, 9000 segundos por *colada*, ou seja, duas horas e trinta minutos.

Os valores totais obtidos do diagrama assinalam-se na tabela representada pela Figura 22.

Classificação da tarefa	Tempo [s]		
	Operador 1	Operador 2	Operador 3
Com valor acrescentado	7282	7944	3089
Sem valor acrescentado	583	4877	1424
Desperdício	928	554	1290

Figura 22 - Valores deduzidos da distribuição de carga de trabalho por operador, segundo uma aproximação ao método *Yamazumi*.

Como é possível concluir pelas Figura 21 e Figura 22, não só o tempo de trabalho se encontrava desnivelado como, no caso da serra, ultrapassava o *takt time*, pelo que é natural que os objectivos definidos não fossem atingidos.

De salientar que, o facto de existirem tarefas sem valor acrescentado não conduz a uma conclusão óbvia de que tais tarefas devam ser eliminadas, pois estas podem ser necessárias à execução do produto final. Por exemplo, o transporte de billetes da mesa de gravação para o carro de transporte para posterior carga no forno de homogeneização não introduz qualquer valor ao produto do ponto de vista do cliente. Porém, é necessário fazê-lo de modo a dar-se seguimento ao processo e serem concretizadas as tarefas de valor acrescentado, como a homogeneização em si. Assim sendo, o que deveria ser feito neste tipo de acções seria reduzir o seu tempo ao máximo para rentabilização da produção.

No capítulo que se segue, serão apresentadas e explicadas as soluções propostas em prol deste objectivo.

4 Propostas de Melhoria

A familiaridade com a fábrica de Avintes, e com os processos em si, fomentou o estudo de algumas propostas adequadas ao que foi analisado nos segundo e terceiro capítulos. Neste quarto capítulo serão expostas as sugestões lançadas com a realização deste projecto.

4.1 A Nova Área de Fundição

Como foi referido na introdução da presente dissertação, o desenvolvimento desta deu-se a par com a substituição do forno de fusão, o que determinou a remodelação da área de fundição. O aspecto da fundição da Hydro em Avintes ficou, por consequência, com o *layout* que se apresenta na Figura 23.

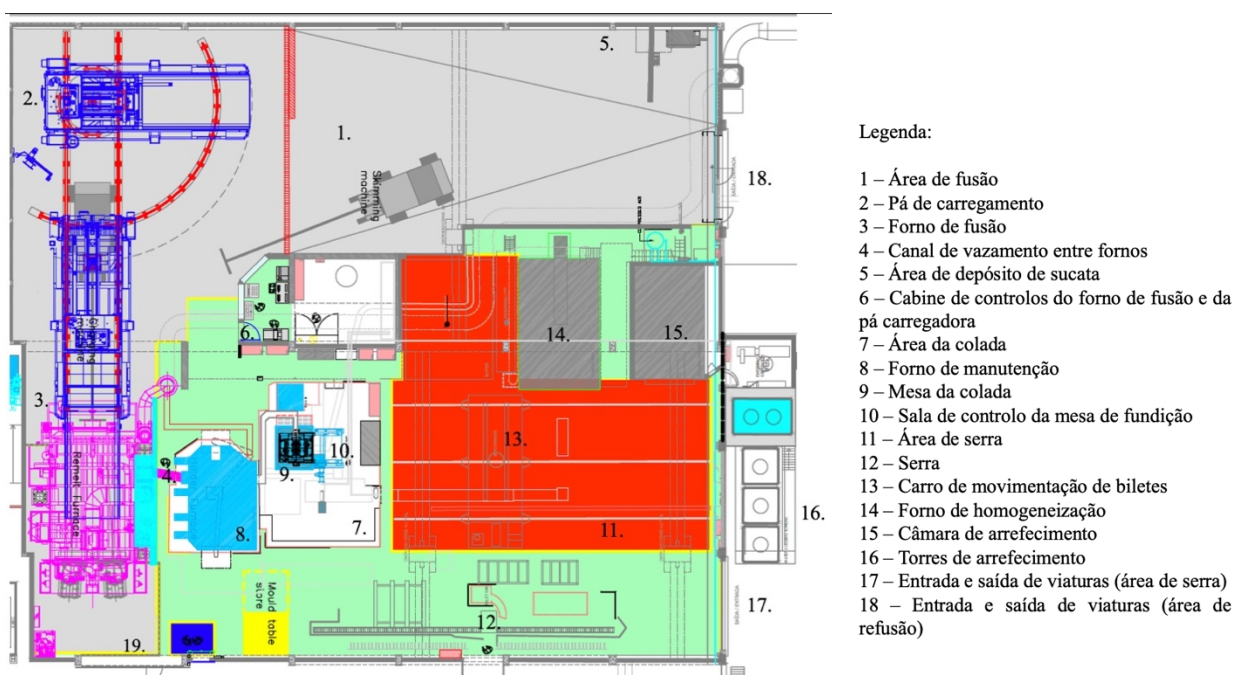


Figura 23 - Planta actual, e respectiva legenda, da área de fundição da fábrica da Hydro em Avintes.

Como é possível observar na Figura 23, em comparação com a Figura 8, não só o novo forno passou a situar-se lado a lado com o forno de manutenção, como a pá de carregamento foi substituída por uma bastante maior, com capacidade para transportar 4500 kg, e capaz de rodar 90°. Ambos os equipamentos passaram a ser comandados à distância, através dos comandos situados na cabine de controlo do forno de fusão e da pá de carregamento – número 6 na Figura 23 – de onde se passou a poder, ainda, monitorizar toda a área de fusão pelas câmaras de videovigilância instaladas no final da obra, o que veio aumentar a segurança durante o trabalho. O aspecto da nova área de fusão pode ser contemplado nas Figura 24, Figura 25 e Figura 26.



Legenda:

1 – Forno de manutenção

2 – Forno de fusão

3 – Canal de vazamento

4 – Pá de carregamento

Figura 24 - Actuais equipamentos da área de fundição da fábrica da Hydro em Avintes.



Legenda:

1 – Zona de fusão

2 – Pá de carregamento

3 – Sucata

Figura 25 - Actual área de fusão da fábrica da Hydro em Avintes.



Legenda:

1 – Controlos do forno de fusão

2 – Monitor da videovigilância

3 – Controlos da pá de carregamento

Figura 26 - Actual cabine de controlos do forno de fusão e da pá de carregamento da fábrica da Hydro em Avintes.

4.2 Propostas Consideradas

Apenas uma parte das sugestões de melhoria apresentadas foram implementadas durante a realização deste projecto, sendo que as restantes foram consideradas e seriam implementadas no seu seguimento. No entanto, tendo feito parte do estudo do processo, neste capítulo apresentar-se-ão algumas propostas consideradas para a melhoria dos postos de trabalho, conforme o objectivo da presente dissertação.

De modo a facilitar a compreensão de conteúdos, tais propostas serão apresentadas por áreas da fundição, em detrimento de uma discussão por metodologia. Apesar disto, salienta-se que, numa aproximação ao pensamento dos industriais japoneses de que antes de qualquer intervenção *lean*, a entidade empresarial deveria começar com uma campanha de dois anos da metodologia 5S (Courtois *et al*, 2006), uma das primeiras acções a levar a cabo na Hydro deveria ser o reforço daquela metodologia.

4.2.1 Exterior Face ao Interior

Assim sendo, começando pelo espaço exterior da fábrica face ao interior, é sugerido que a Hydro repense as marcações pedonais. A côr está desgastada em vários locais de passagem, tornando-se imperceptível se a intenção é manter ou eliminar o caminho, como se pode ver pela Figura 27.



Figura 27 - Pinturas no chão exterior face ao interior. À esquerda: degradação da côr ao longo da marcação pedonal; à direita: marcação em vias de desaparecimento.

Além disso, considera-se que os caminhos pedonais a amarelo no exterior, e que também eles conduzem à área da fundição, podem ser alvo de algum equívoco, já que algumas dessas marcas terminam no limite para a zona interior da fábrica, onde o amarelo identifica zonas de arrumação ou *stock* de produtos acabados ou semiacabados e/ou ferramentas. Como exemplo deste facto, surge a entrada e saída de viaturas na área da serra, na fundição, representada na Figura 27 à direita.

Em suma, propõe-se que apenas uma côr represente as vias pedonais, por exemplo o mesmo azul da Figura 7, mantendo-se o amarelo para as zonas de arrumação e *stock*.

4.2.2 Área da Colada

Na área de realização da *colada*, e com a implementação do novo *layout* e novos protocolos na fundição em prol da segurança, é essencial colocar em funcionamento a sinalização luminosa – Figura 28 – indicadora de *colada* a decorrer.



Figura 28 - Indicador luminoso, de *colada* a decorrer, à entrada da fundição.

No mesmo seguimento, é urgente o reforço da metodologia 5S, nomeadamente no armário situado ao lado da mesa de moldação dos biletos, exibido na Figura 29.



Figura 29 - Armário ao lado da mesa de fundição.

De modo a obter êxito neste passo, o ideal seria partir do pressuposto que nunca teriam sido ali implementados os 5S e, como tal, executar a metodologia de raiz. Para tal, propõe-se duas fases que são descritas de seguida.

1ª Fase:

1. Separar todas as ferramentas por locais de utilização ou equipamentos (sugere-se, como exemplo, *colada*, forno e serra e acrescenta-se que esta classificação se torna a mais adequada para evitar repetição de ferramentas desnecessariamente e, por consequência, ocupação de espaço).
2. Adquirir um número suficiente – que deverá ser no mínimo igual ao número de categorias estabelecidas em 1. – de armários ou estantes pequenos e de rodas, com ou sem gavetas mas com área suficiente para exposição das ferramentas de cada categoria, ou uma solução equivalente, como as que se apresentam na Figura 30.

Depois, em cada grupo de ferramentas separadas, propõe-se a aplicação da segunda fase.



Figura 30 - Exemplos de arrumação móvel.

(À esquerda: In <https://www.4lean.net>, consultado em 2019.05.24, 15:00; à direita: fonte: HMCP – Engenharia e Consultoria de Gestão, Lda.,)

2ª Fase:

1. Seleccionar todas as ferramentas que são efectivamente utilizadas na área da fundição e separá-las das que não o são. Retirar todas as ferramentas que não são aqui utilizadas e manter unicamente as que são¹⁶.
2. Ordenar as ferramentas na solução encontrada no ponto número dois da primeira fase. Identificar os respectivos locais com o nome da ferramenta. Se se optar por uma solução com espaço para exposição das ferramentas, propõe-se sombrear os contornos das ferramentas para uma identificação visual imediata do local a guardá-las.
3. Agendar limpezas por áreas. Pode, por exemplo, dividir-se a fundição por áreas mais pequenas, ou blocos, ou equipamentos e responsabilizar cada membro de cada equipa pela limpeza de uma, ou mais, das categorias estabelecidas. De salientar que, existe uma empresa encarregue pela limpeza dos espaços da Hydro, pelo que esta tarefa, sendo partilhada, alivia a sua execução.
4. Sensibilizar os operadores para a importância de manter a organização e limpeza do local de trabalho e de tornar estes temas uma forma natural de exercer o trabalho.
5. Efectuar um controlo frequente como forma de comprovar que não se perde o que já foi alcançado e que, efectivamente, se está a obter uma sistematização dos passos descritos.

A implementação de ambas as fases, incluindo uma solução equivalente à proposta na Figura 30, contribui para um trabalho mais fluído com interrupções mais discretas, uma vez que elimina a constante interrupção e consecutiva deslocação ao armário da Figura 29 para ir buscar e guardar ferramentas utilizadas no decorrer de uma tarefa, nomeadamente na limpeza e preparação ou troca da mesa de moldação dos biletos e na troca das bolas dos queimadores do forno de fusão.

¹⁶ Note-se que foi elaborada a listagem de ferramentas utilizadas por área durante o projecto.

Por fim, aplicar estes conceitos a outros instrumentos da fundição, como a vassoura e a pá quadrada e o molde e a colher de recolha de amostras, que não têm um local de arrumação definido e identificado. No que toca ao cabide com acessórios para utensílios, mencionado e representado na Figura 16, este deverá ser aumentado em altura e organizado, de modo a que os uniformes possam ser devidamente pendurados e não fiquem caídos por cima dos utensílios, nomeadamente do recipiente de arrefecimento de amostras. Idealmente, insistir na sensibilização – ponto quatro da segunda fase dos tópicos acima – no intuito de cuidar melhor a forma como são ali dispostos, essencialmente, os uniformes. O recipiente de arrefecimento de amostras deverá ser realocado, de modo a que a prateleira incluída neste cabide se destine apenas às luvas de protecção contra elevadas temperaturas, as quais os operadores terão que colocar nos momentos de maior exposição ao alumínio (como no vazamento entre os fornos de fusão e manutenção e da *colada* em si).

Um outro aspecto a considerar é o facto de que, não poucas vezes, os operadores interrompem o seu trabalho para realizar a manutenção aos moldes de formação dos billetes da mesa. Este tipo de interrupções interfere com a fluidez da produção, obrigando-a a uma paragem evitável na ordem dos vinte a quarenta minutos. Neste sentido, propõe-se que qualquer manutenção deste tipo seja levada a cabo por um operador exterior à equipa de produção e que este assegure um número de moldes suficiente para que a equipa apenas interrompa o trabalho para a substituição do molde em si durante a preparação da mesa. Tal pode ser conseguido através da uniformização dos processos, objecto de estudo do próximo subcapítulo.

No mesmo contexto, seria vantajosa a diminuição da distância aos equipamentos da sala do espectrómetro, nomeadamente o torno, o espectrómetro e o computador de estudo de resultados da análise química. Uma deslocação apenas de retorno do espectrómetro toma quarenta e cinco segundos do tempo útil de limpeza e preparação da mesa. Como se trata de duas deslocações, o tempo desperdiçado passa a um minuto e trinta segundos. Por sua vez, são feitas, no mínimo, duas análises químicas por *colada* – uma no forno de fusão e outra no de manutenção – por conseguinte, o tempo duplica, registando-se os três minutos ou ocasionalmente mais. Em três fundições de billetes de sete polegadas e quatro de oito por cada um dos três turnos, o tempo aumenta para nove e doze minutos por turno ou vinte e sete e trinta e seis minutos por dia, respectivamente. Para além disso, a recolha de amostras não deve ser flutuante, ou seja, não deve ser executada dependendo da forma de trabalho da equipa de serviço. Pelo contrário, deve ser cuidadosamente planeada, já que o resultado da primeira recolha pode conduzir a uma adição de elementos de liga – que implica uma espera de cerca de vinte minutos para sua diluição, tempo este que deverá ser aproveitado com a realização de outras tarefas – e o resultado da segunda irá colocar à prova a capacidade de responsabilização por *fazer bem à primeira*.

A implementação dos temas tratados origina a normalização de uma parte das IED, já que, por exemplo, os instrumentos necessários à realização de determinada tarefa passam a estar preparados e organizados enquanto a *colada* está a decorrer, em detrimento da sua constante recolha e arrumação no tempo de paragem da mesa de moldação. Este tempo passa, então, a ser útil unicamente para a limpeza e preparação da próxima fundição.

4.2.3 Área da Serra

Na área da serra, o maior inconveniente está directamente relacionado com os equipamentos. A Hydro tem uma preocupação extrema com o cumprimento de uma norma interna, a qual estabelece que os billetes devem ter um comprimento de 6000 mm com uma tolerância de 5 mm. Nesse sentido, propõe-se uma análise profunda dos equipamentos, nomeadamente da serra, de modo a verificar se carecem de manutenção ou se estes se encontram demasiado degradados ou envelhecidos e necessitam de substituição. Se se revelar o segundo caso,

propõe-se a aquisição de um equipamento que corte mais do que um bilete ao mesmo tempo, podendo-se eliminar os tempos de espera a que os operadores estão sujeitos, enquanto aguardam que o corte dos topos dos biletos termine, nomeadamente durante a recolha dos biletos do poço da mesa de fundição. Para tal, sugere-se a instalação de duas linhas em paralelo, que incluam corte de topos e gravação – o tempo de gravação é muito próximo do tempo de corte de um topo, pelo que a linha em paralelo necessitaria de incluir as duas estações –, podendo ser abastecidas pela mesma mesa de colocação dos biletos vindos do poço de fundição e abastecer a mesma mesa de colocação de biletos já cortados e gravados, mantendo-se um *layout* muito semelhante ao actual. Salienta-se no entanto que, aumentando a produção neste ponto, seria necessário rever o processo de homogeneização que se segue, uma vez que o ciclo actual varia entre 7 horas e 30 minutos a 9 horas, o que evidencia a possibilidade de tal processo se tornar novo estrangulamento, como foi referido anteriormente.

Neste seguimento, aponta-se a diferença na cadência na área da serra, consoante a utilização da mesa de sete polegadas ou de oito. A primeira mesa produz vinte biletos por *colada*, enquanto que a segunda mesa produz doze. Uma vez que os equipamentos da área da serra não diferem conforme a mesa que é utilizada, a recolha de biletos do poço da mesa de fundição é feita por meio de quatro argolas – ver Figura 31 –, presas na ponte rolante, que suspendem os biletos.



Figura 31 - Instrumento de recolha de biletos.

Quando se trata de uma *colada* de oito polegadas, esta recolha torna-se muito eficaz, uma vez que a disposição dos biletos na mesa é de quatro por três, sendo que o lado que tem quatro biletos é o que está mais próximo da área de serra. No entanto, o mesmo não se verifica nas *coladas* de sete polegadas. A disposição dos biletos aí é de cinco por quatro, sendo o lado de cinco biletos o mais próximo e a recolha feita pelo lado de quatro. Assim, no primeiro caso são feitas três recolhas e no segundo caso, cinco recolhas, sendo que cada recolha demora cerca de dois minutos e cinquenta e cinco segundos. Propõe-se a aquisição de um instrumento semelhante ao utilizado com cinco argolas para utilização na mesa de sete polegadas. Por consequência, serão diminuídas duas deslocações com o mecanismo de suporte de cargas suspensas e uma recolha por fundição. Isto é, seis deslocações e três recolhas por turno ou dezoito deslocações e nove recolhas por dia.

Ainda na área da serra, aponta-se que a etiquetagem é um processo moroso por dois motivos em especial:

1. existem billetes de diferentes *coladas* num lote para etiquetar e as etiquetas que lhes correspondem estão todas misturadas no depósito da Figura 17;
2. os operadores recolhem uma etiqueta de cada vez no final da cintagem de cada lote.

Por estes motivos, a etiquetagem de um lote chega a demorar cerca de três minutos, quando alguns operadores o conseguem em trinta e cinco segundos. Propõe-se duas soluções diferentes:

1. que as etiquetas sejam colocadas no depósito separadas por *colada* correspondente e, ainda, que o operador que irá etiquetar faça a recolha da totalidade das etiquetas no início do processo de cintagem, de modo a eliminar as deslocações de recolha seguintes;
2. que seja feita por outro operador exterior à equipa, nomeadamente por um elemento pertencente ao Departamento da Qualidade, já que a etiquetagem é um controlo de qualidade.

4.2.4 Área do Forno

As tarefas directamente ligadas ao forno de fusão são contínuas, uma vez que, para uma produção contínua, é necessário ter o forno de fusão sempre preparado para alimentar o de manutenção. No entanto, as equipas são formadas por apenas três operadores, o que significa que, para rentabilizar a produção e atingir os objectivos definidos, os operadores deverão estar alocados em tarefas de valor acrescentado na concepção do produto ao cliente. Ora, a recolha de sucata do exterior não é uma tarefa de valor acrescentado e implica uma deslocação (ida e volta), por meio de uma empilhadora, do operador de cerca de três minutos e quarenta e quatro segundos por recolha. Por sua vez, para carregar a pá de carregamento que primeiramente estava disponível eram necessárias cerca de quatro recolhas – ou seja, catorze minutos e cinquenta e seis segundos – e quatro cargas no forno – cerca de cinquenta e nove minutos e quarenta e quatro segundos no total – e na actual pá são necessárias doze recolhas – isto é, dezanove minutos – e duas cargas – logo, um total de aproximadamente trinta e oito minutos. Mesmo que esta recolha seja feita para a área de sucata interior, na fundição, de maneira a estar mais próxima quando for necessária, irá sempre implicar este tipo de deslocação de um operador que poderia estar a apoiar outras tarefas e, portanto, não contribui para o cumprimento do objectivo, pelo que se propõe que esta passe a ser executada por um operador exterior à equipa.

Para além disto, propõe-se que a sucata seja devidamente organizada no exterior, pois deste modo é possível não só poupar tempo de reposição e de correcção de liga, como assegurar aumento na qualidade do produto final. Para tal, pode-se optar por uma das duas propostas seguintes:

1. organização da sucata de modo a que o transporte possa ser efectuado directamente para a pá de carregamento;
2. identificação da sucata através de análise de composição química, de modo a poder não só organizá-la por liga, mas também encontrar a quantidade exacta de alumínio fornecido e respectivo custo, permitindo uma diminuição nos custos, a rastreabilidade do produto final até ao fornecedor de matéria-prima e o aumento da qualidade do produto final.

Já no interior, notam-se desperdícios no processo de adição de elementos de liga devido às deslocações, essencialmente, até ao forno de manutenção para recolha de elementos de liga, do forno de manutenção à balança para pesagem e da balança ao forno de manutenção e ao canal de vazamento para adição dos elementos de liga. Propõe-se que todos os elementos de

liga sejam colocados junto à balança, em detrimento de manter alguns junto do forno de manutenção, de modo a minimizar ou, mesmo eliminar, tais deslocações.

Por fim, é necessário sensibilizar as equipas de que o forno de fusão deve estar sempre preparado para vazamento, a não ser em caso impossibilidade justificável, independentemente de a continuidade do trabalho se dar pela mesma equipa ou pela do turno seguinte. O forno tem uma capacidade para fundir seis toneladas por hora e, se a equipa que entrar no turno seguinte não tiver o forno devidamente preparado, não só desperdiçará o tempo de fusão do alumínio – já que terá de aguardar que tal aconteça – como também o de carregamento do forno de fusão, no qual está incluído o tempo de carregamento da pá, ou seja, um total de cerca de quarenta a cinquenta minutos.

4.2.5 Outras Intervenções

Num outro plano, considera-se necessária uma forma mais directa de comunicar as ordens de fabrico, em detrimento do habitual *passa a palavra*. Para tal, propõe-se a implementação de um sistema de gestão visual, baseado na metodologia *kanban*, semelhante ao já implementado noutras secções da fábrica. Assim, dever-se-á seleccionar uma côr para corresponder a cada liga que a Hydro em Avintes produz e colocar uma determinada quantidade de caixas e de cartões de cada côr correspondente às necessidades de produção. A título de exemplo, considere-se a produção de billetes de sete polegadas; sabe-se que cada vazamento produz um lote de vinte billetes, pelo que cada cartão, neste caso representará lotes de vinte billetes. Além disso, sabe-se que a Hydro necessita de maior produção de produto A – que neste caso representa um billete da liga X no diâmetro de sete polegadas – do que produto C – que representa a liga Y no diâmetro de oito polegadas –, então o sistema de ordens de fabrico poderia assumir a forma representada na Figura 32 e que inclui um sinal de alerta – que pode ou não existir – para o caso da necessidade de produção em cobertura de um *stock* mínimo estabelecido.

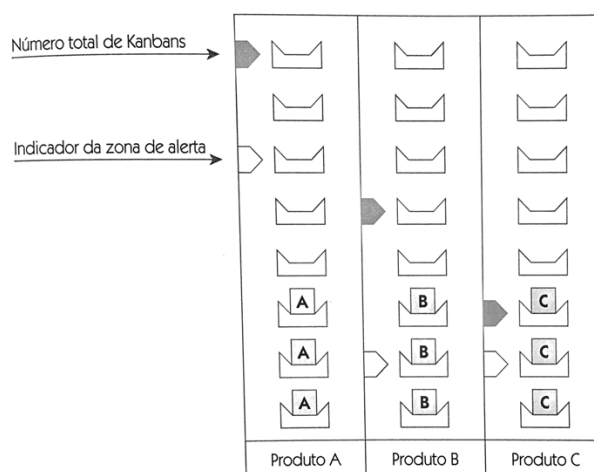


Figura 32 - Sistema de comunicação baseado num sistema *kanban*.
(Fonte: Courtois *et al.*, 2006)

Neste seguimento, o quadro de produção existente na fundição deverá ser actualizado diariamente com as quantidades atingidas na produção do dia anterior bem como de alumínio consumido. Isto nem sempre acontece o que origina a que as equipas não tenham acesso imediato aos dados.

Relativamente a tarefas como a troca de mesa de moldação de billetes ou a substituição das bolas dos queimadores do forno de fusão, propõe-se:

- implementação da mesma metodologia de arrumação e organização de material utilizada no armário da área da *colada* descrita em 4.2.2 (mantendo a ordem das duas fases e de cada um dos passos que as compõem), para que não seja perdido tanto tempo na procura das ferramentas correctas e nas deslocações para recolha e arrumação das mesmas;
- aquisição de uma solução construtiva, baseada na já existente na empresa na manutenção dos moldes e representada na Figura 33; tal solução representaria o projecto de uma chave especial com quatro cabeças pneumáticas¹⁷ accionadas duas a duas, uma vez que os parafusos dos moldes devem ser desapertados dois a dois em diagonal. Faz-se notar que existem no mercado aparafusadoras deste tipo de fácil adaptação ao mecanismo que é proposto, como o exemplo que está representado na Figura 34; uma chave como a indicada poderia reduzir o tempo de aperto e desaperto dos moldes para metade e os movimentos/gestos dos operadores para $\frac{1}{4}$ do actualmente, implicando menor esforço por parte dos trabalhadores;



Figura 33 - Solução construtiva da Hydro para desaperto manual de um componente dos moldes da mesa de moldação de biletas, aquando da manutenção dos moldes.



Figura 34 - Aparafusadora pneumática adaptável à solução construtiva sugerida.
(Fonte: www.desouttertools.pt/)

- aplicação de batentes verticais rampeados nos quatro cantos do conjunto base/mesa – conforme o esboço desenvolvido na Figura 35 –, de forma a que a mesa possa ser alinhada com a base no movimento de descida – através da ponte rolante –, dispensando o actual alinhamento manual feito por dois operadores e aumentando, consequentemente, a segurança;

¹⁷ A sugestão de ser pneumática é feita de modo a aproveitar recursos já existentes na fábrica.

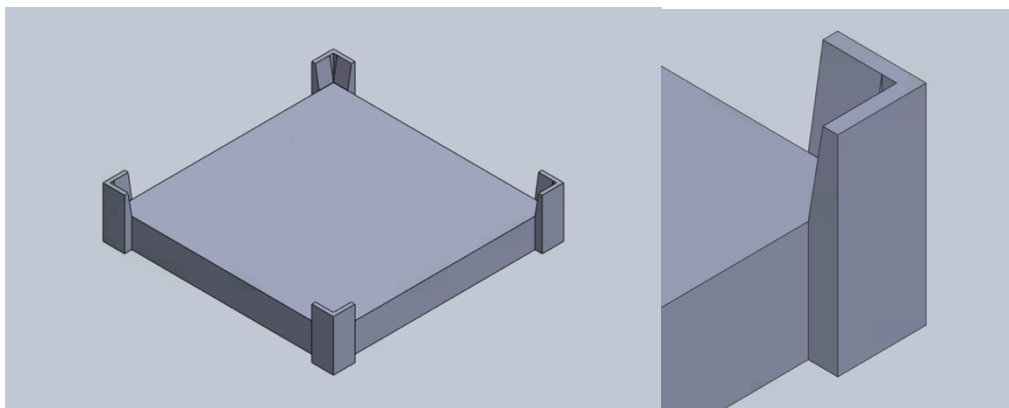


Figura 35 - Esboço da implementação de quatro batentes verticais rampeados nos quatro cantos do conjunto base/mesa e respectivo pormenor.

- substituição dos parafusos de fixação da mesa por grampos de fixação de aperto rápido horizontais, como o exemplificado na Figura 36, evitando deste modo o tempo gasto em aperto e desaperto dos parafusos para fixação ou recolha da mesa e ainda os custos dispensados no consumo de ar comprimido.

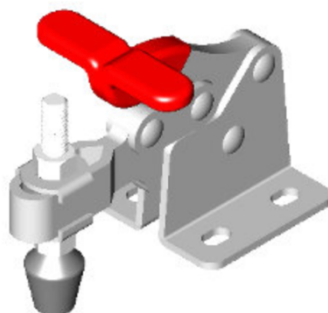


Figura 36 - Grampo de fixação manual horizontal compacto.
(In www.fixsolda.pt, consultado em 2019.05.28, 11:49)

O envolvimento dos operadores deverá ser reconhecido e a sua motivação terá de ser pensada numa abordagem sensibilizadora, ou por meio de prémios de equipa por exemplo, relativamente à obtenção de maior número de *coladas* por determinado período, colaboração para com o turno seguinte, menor quantidade consumida de alumínio puro, etc..

Com a aplicação destas medidas será possível rentabilizar o tempo, diminuir custos e aumentar a segurança no desempenho destas tarefas.

4.3 Propostas Concretizadas

Durante o tempo de paragem da produção, por motivo de substituição do forno de fusão, a Hydro fez uma aposta forte na formação do seu pessoal. Primando pela polivalência, todos os colaboradores da fundição, não importando qual a sua função, assistiram às formações das várias áreas da fundição, nomeadamente do funcionamento do novo forno, do processo de fundição e do projecto alvo da presente dissertação.

Numa outra perspectiva, a actualização de instruções de trabalho – SOP – revelou-se uma das prioridades da empresa. De facto, existia a crença de que, uma vez implementadas as SOP, parte do caminho para a rentabilização de uma produção sem defeitos estaria percorrido. De acordo com o que foi estudado no capítulo dois da presente dissertação, uma instrução de trabalho permite a uniformização das tarefas, contribuindo para a melhoria da eficácia e rentabilização dos processos (Pinto 2014). Para além disto, no mesmo capítulo foi visto que o

processamento de imagens pelo cérebro é mais imediato do que o de texto, porque existe uma pré-disposição para a captação de estímulos visuais face a textuais (Townsend and Kahn 2014). Por estas razões, e pelos estudos efectuados no capítulo mencionado, as instruções de trabalho foram desenhadas para facilitar a apreensão visual dos operadores. Para a sua realização foi feita uma captação de imagens pormenorizada durante o processo, as quais foram posteriormente editadas de modo a evidenciar passo-a-passo todo o trabalho que deveria ser desenvolvido pelas equipas. A Figura 37 representa o exemplo de uma página de uma das instruções de trabalho realizadas. Semelhante ao demonstrado na Figura 37, foram realizadas 35 páginas com um total de 79 instruções de dimensão variável.

1. LOCALIZAÇÃO:		Refusão		ACTIVIDADE: Preparação da mesa		3		2. Nº		3. Elaboração:	
								Data:		Verificação:	
								Revisão:		Aprovação:	
4. Subtarefa	5. Precauções	6. Tempo	7. Modo de Execução				8. Material	9. Nº de Operadores	10. Notas		
3. Limpeza da mesa	+	3 minutos e 18 segundos						1			
4. Montagem da mesa	+	56 segundos						1			
5. Montagem do suporte de montagem	+	50 segundos						1			
11. SIMBOLOGIA:	+	Segurança	Qualidade	Fase Crítica	Checklist	Controlo Visual	Apontador	Localizador/Percursos	Estado		

Legenda:

1 – Localização e Actividade
2 – Identificação da Instrução de Trabalho

3 – Identificação dos Autores
4 – Subtarefa
5 – Precauções

6 – Tempo
7 – Modo de Execução
8 – Material

9 – Número de Operadores
10 – Notas
11 – Simbologia

Figura 37 - Exemplo de uma página de uma instrução de trabalho, e respectiva legenda, realizada para a fundição da Hydro em Avintes.

Na Figura 37 pode ser observado que uma instrução de trabalho era composta por:

- identificação do local onde se adequaria a instrução de trabalho e actividade/tarefa que representava;
- identificação do número de instrução, data e número de revisão;
- identificação dos intervenientes na elaboração, verificação e aprovação;
- identificação da subtarefa;
- especificação das precauções a ter durante a realização da subtarefa, de acordo com a simbologia;
- especificação dos tempos de execução das subtarefas;
- instruções para a realização da subtarefa sob a forma de imagens e notas críticas sob a forma de balões laranja;
- identificação do material a utilizar;
- identificação do número de operadores necessários no desempenho da subtarefa;
- especificação de notas/observações;

- tradução da simbologia utilizada.

Na meta de elevar os estímulos visuais, a uniformização dos processos e as facilidade e simplicidade no desempenho do trabalho, foi idealizado um projecto que visava tornar a fábrica cada vez mais visual: o desenvolvimento das instruções de trabalho em vídeo. Desta forma seriam possíveis duas abordagens:

- ter o vídeo a correr num monitor durante o trabalho, de maneira a orientar e acompanhar o operador enquanto este desempenha as suas funções;
- disponibilizar um *tablet* com uma *app* através da qual os operadores pudessem escolher a subtarefa a visualizar.

Numa visão crítica, deve ser salientado que a segunda opção seria aquela que iria conceder maior controlo da informação videográfica aos operadores. Para além disto, ofereceria também maior controlo em caso de formações de pessoal, ocasiões nas quais a exibição de vídeos instrutivos poderia vir a manifestar-se muito útil.

O *layout* da *app* poderia seguir a essência da maioria das *apps* instrutivas de exercícios físicos disponíveis para dispositivos electrónicos. O ideal seria ter um menu principal dividido pelos temas: *colada*, *serra* e *forno*. Dentro de cada menu poderia existir uma imagem característica de cada tarefa, e o respectivo título. Por sua vez, seleccionando uma imagem, exhibir-se-ia o vídeo ilustrativo da tarefa correspondente.

No caso se optar pela disponibilização de um *tablet*, poder-se-ia averiguar a necessidade de disponibilizar um por função (três no total) ou apenas um numa plataforma móvel, como a que se apresenta na Figura 38.



Figura 38 - Exemplo de uma plataforma *lean* móvel para *tablets*.
(Adaptado de <https://www.4lean.net>, consultado em 2019.05.24, 15:00)

Numa solução deste género, conseguir-se-ia não só a conservação do dispositivo como a sua movimentação e consulta por toda a área da fundição, dispensando o operador de ter de o segurar ele mesmo. Além disso, como a maioria destes dispositivos são de ecrã táctil, é possível a aquisição de uma caneta própria para utilização destes dispositivos, libertando o

operador da tarefa de retirar as luvas no intuito de reconhecimento das suas selecções por parte do dispositivo.

4.4 Análise de Resultados

Tendo em conta, como referido, que não foram implementadas todas as propostas efectuadas na presente dissertação não existe uma medição real dos resultados que com elas se poderiam alcançar. Por consequência, a análise de resultados que se segue é uma previsão do que se pode esperar, com base em medições equivalentes efectuadas durante o processo.

Para além disto, nestas previsões considera-se que o objectivo diário é sempre cumprido, sendo que são feitas três fundições na mesa de moldação de sete polegadas, e quatro na de oito, por turno, resultando em nove e doze por dia, respectivamente.

Assim sendo, prevê-se que:

1. com a implementação de uma solução de arrumação móvel, análoga ao exemplo da Figura 30, conseguir-se-ia um ganho de 686", ou seja, 11' 26" por *colada*, o equivalente a 34' 18" por turno e aproximadamente 1h 43' por dia na utilização de qualquer uma das mesas de fundição;
2. na mesa de sete polegadas, a alteração do mecanismo de recolha de billetes do poço de fundição e consequente diminuição de uma recolha proporcionaria um ganho de 250", ou seja, 4' 10" por *colada*, equivalente a 12' 30" por turno e aproximadamente 38' por dia;
3. se as etiquetas fossem colocadas de forma ordenada no devido depósito e recolhidas de uma só vez em cada tarefa de embalagem, seria possível um ganho de 80", ou seja, 1' 20" por *colada* (isto é, por cada vinte billetes embalados da mesa de sete polegadas), equivalente a 4' por turno e 12' por dia. Note-se que, quando um carregamento é libertado da câmara de arrefecimento não são vinte billetes, mas sim setenta, pelo que este ganho poderá aumentar no caso de serem embalados mais billetes por turno. No que toca à embalagem de doze billetes da mesa de oito polegadas, este ganho traduzir-se-ia em cerca de 5' 20" por turno e 16' por dia nas mesmas condições;
4. ao eliminar tarefas sem valor acrescentado ao processo da responsabilidade da equipa de produção, o ganho seria na ordem dos:
 - reposição de sucata do exterior na fundição: 618" (experiência feita na proporção de um só carregamento da pá), ou seja, 41' 12" por *colada*, equivalente a 2h 3' 36" por turno e aproximadamente 6h 11' por dia no caso de três *coladas* por turno e 2h 44' 48" por turno e cerca de 9h por dia na mesa de oito polegadas;
 - colocação de etiquetas nos billetes embalados: 175", ou seja, 2' 55" por *colada*, equivalente a 8' 45" por turno e aproximadamente 26' por dia relativamente aos vinte billetes da mesa de sete polegadas e aproximadamente 1' 45" por cada doze billetes da mesa de oito polegadas, equivalente a 4' por turno e 12' por dia (mantendo as mesmas condições referidas no ponto número três desta lista);
 - colocação dos billetes em *stock* no exterior: ganho de 480", ou seja, 8' por *colada*, equivalente a 24' por turno e 1h 12' por dia relativamente a billetes de sete polegadas ou 6' por *colada*, 24' por turno e 1h 12' por dia;

Na pesagem de elementos de liga considera-se que, tendo em conta o presente *layout* da área de fundição, a balança se encontra no local mais próximo e seguro do forno de manutenção tendo a maioria dos elementos de liga próximos de si. No entanto, sugere-se que os dois elementos de liga que se situam perto do forno de manutenção sejam igualmente colocados junto da balança por forma a eliminar duas deslocações desnecessárias por pesagem, de modo a conseguir-se um ganho aproximado de 48 segundos por colada sempre que estes são necessários, ou seja 2' 24" por turno, o equivalente a cerca de 7' por dia.

Apesar de algumas das possibilidades de melhoria se encontrarem em fase de implementação à data de término da presente dissertação, foi possível avaliar os resultados obtidos com as melhorias que foram implementadas e constatou-se que os objectivos propostos no seu lançamento foram alcançados, pelo menos, numa das referências de produção – a mesa de sete polegadas – graças, essencialmente à aposta na formação e à uniformização da execução das tarefas. A análise dos resultados das alterações efectuadas revelou que os operadores produziram o objectivo pretendido: três *coladas* por turno. Assim, foi elaborada nova tabela de análise dos processos da fundição, desta vez, com o acréscimo de uma coluna para os tempos de circuito automático da serra, evidenciando que esse tempo pode ser aproveitado pelos operadores noutras tarefas. O diagrama de carga baseado no método *Yamazumi*, relativo aos tempos desempenhados pelos operadores nas suas tarefas e derivado das alterações efectuadas pode ser apreciado na Figura 39 e os resultados obtidos a nível de tempos em tarefas com e sem valor acrescentado e desperdício podem ser confrontados na Figura 40.

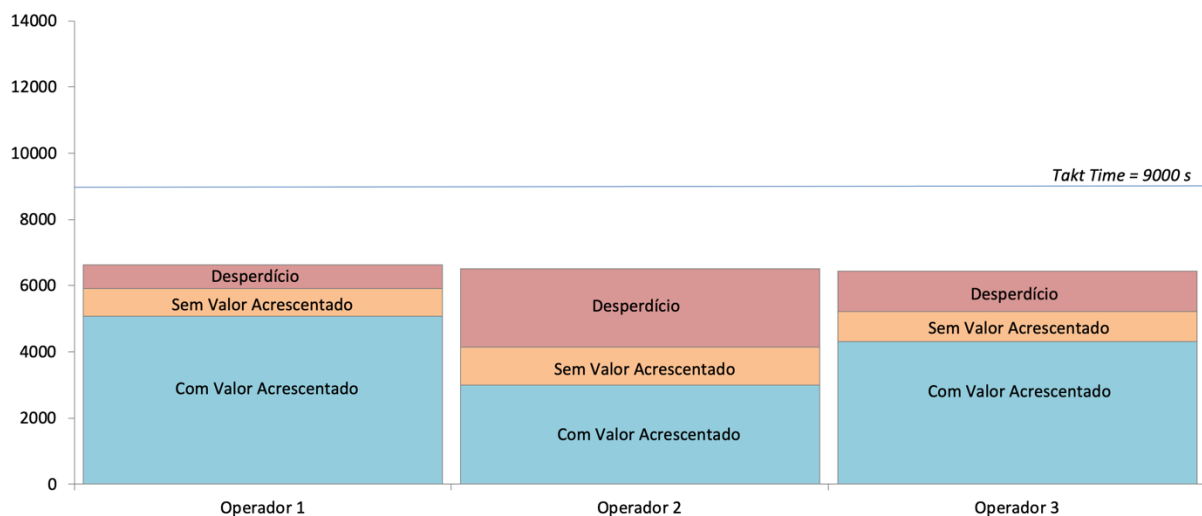


Figura 39 - Distribuição das cargas de trabalho por operador, tendo em conta as alterações efectuadas, segundo uma aproximação ao método *Yamazumi*.

Classificação da tarefa	Tempo [s]		
	Operador 1	Operador 2	Operador 3
Com valor acrescentado	5072	2997	4322
Sem valor acrescentado	850	1151	899
Desperdício	697	2368	1215

Figura 40 - Valores deduzidos da nova proposta de distribuição de carga de trabalho por operador, segundo uma aproximação ao método *Yamazumi*.

Como resultado obteve-se:

- de 1 hora e 50 minutos de ocupação de um operador no processo da *colada*, 1 hora e 24 minutos correspondem a tarefas de valor acrescentado e 26 minutos a tarefas sem valor acrescentado;
- de 1 hora e 49 minutos de ocupação de um operador no processo da serra, 50 minutos correspondem a tarefas de valor acrescentado e 59 minutos a tarefas sem valor acrescentado, havendo ainda margem de manobra para melhorar principalmente os tempos de transporte de produtos semiacabados e acabados;
- de 1 hora e 47 minutos de ocupação de um operador no processo do forno, 1 hora e 12 minutos correspondem a tarefas de valor acrescentado e 35 minutos a tarefas sem valor acrescentado.

Com base na análise das alterações efectuadas, crê-se que na mesa de oito polegadas, o objectivo seja, de igual modo, atingido.

Como última nota, na Figura 41 podem ser apreciadas as diferenças nos tempos, em segundos, de ocupação dos operadores antes e depois da realização deste projecto, demonstrando que após a sua realização, as cargas de operação por operador se encontram mais próximas entre si.

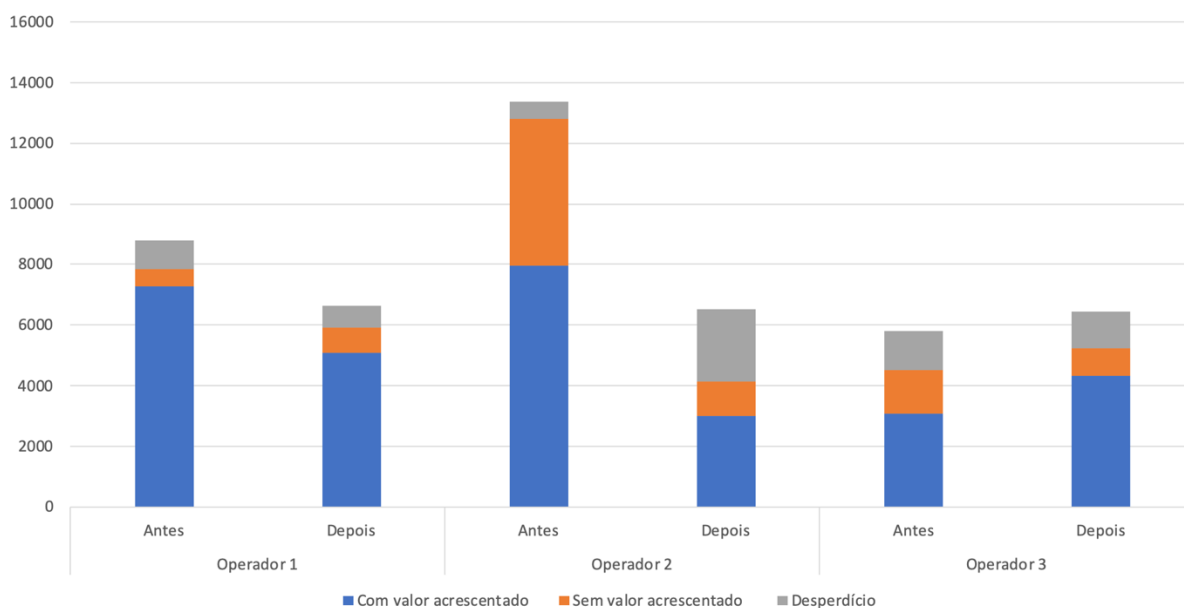


Figura 41 - Comparação dos tempos de ocupação, em segundos, dos operadores por *colada*, antes e depois da realização deste projecto.

5 Conclusões

Com o atraso no arranque da produção e o tempo necessário para as equipas se adaptarem aos novos equipamentos, não foi possível implementar e testar todas as medidas propostas na presente dissertação. De facto, a intervenção na área da fundição tinha término previsto para o dia 21 de Abril e foi adiada para o dia 10 de Maio e, por este motivo, o cronograma inicialmente proposto não foi cumprido na totalidade, sendo que o período de contingência foi utilizado e distribuído pelas fases 6 e 7. Apesar destas circunstâncias, o objectivo de produção foi atingido.

Efectivamente, foi atingida uma produção de 72 toneladas, o equivalente a três fundições por turno na mesa de sete polegadas, pelo que se crê que na mesa de oito polegadas também seja possível atingir o alvo de quatro *coladas* por turno. O alcance deste objectivo deveu-se, sobretudo, à substituição dos equipamentos menos eficientes na área de fusão (como o eram o forno de fusão e a pá de carregamento à data de início da presente dissertação), à uniformização dos processos e à aposta feita na formação. Esta última acção, não só permitiu relembrar aos operadores alguns pontos fulcrais para uma produção com sucesso, mas também fomentar a polivalência e entreajuda na equipa. Para além disto, o tempo de formação durante a paragem da produção revelou-se extremamente importante, uma vez que permitiu a reunião de todas as equipas ao mesmo tempo o que, por sua vez, proporcionou um diálogo aberto entre as várias equipas de operadores e, ainda, o Responsável pela fundição e abriu horizontes para a descoberta de eventuais dificuldades no exercício do trabalho e sugestões de melhoria. Deste modo, foi conseguido o envolvimento de todo o pessoal inerente ao processo, referida no Capítulo 2 da presente dissertação.

No que toca às restantes propostas, estas foram consideradas pela Hydro que avaliou a sua utilidade à rentabilização da produção e demonstrou-se interessada em iniciar o planeamento da sua implementação, mesmo que tal fosse feito depois da finalização do presente projecto. De facto, a Hydro demonstrou sempre uma postura atenta com qualquer possibilidade de melhoria, no intuito de se manter sempre em direcção à perfeição, o que a insere na categoria das empresas que gerem o seu trabalho em prol da melhoria contínua. Afinal, este é o significado de melhoria contínua: a consciência de que existe sempre a possibilidade de fazer mais e melhor numa busca constante pela perfeição.

A título de conclusão, sugere-se a possibilidade de, no futuro, a empresa concretizar os procedimentos operacionais em vídeo na sua totalidade e alastrá-los aos restantes departamentos, atingindo assim uma uniformização total na fábrica da Hydro em Avintes. Além disto, sugere-se ainda um aprofundamento da metodologia SMED na área da fundição, e noutros departamentos se se considerar necessário, já que tal metodologia pode vir a revelar-se extremamente útil na melhoria dos processos e na rentabilização do tempo de produção.

Como último apontamento, refere-se que a abordagem deste projecto pôs em prática os conhecimentos adquiridos durante o percurso académico e incutiu a necessidade de pesquisa contínua, não só para entender melhor o trabalho desempenhado na entidade, mas também

para poder escolher os métodos mais eficazes a aplicar no desenvolvimento deste estudo. A melhoria dos postos de trabalho e, por consequência dos seus processos, acarreta uma grande responsabilidade que passa pela rentabilização do tempo de produção, pelo aproveitamento eficiente dos equipamentos e dos recursos humanos e, ainda, pela eliminação de eventuais desperdícios – materiais ou outros – inerentes ao método em curso. No intuito de levar a cabo os referidos aperfeiçoamentos, foi necessário estudar a essência da operação e apurar a metodologia utilizada. Após ter a total compreensão do que era feito tornou-se, então, possível aprimorar o procedimento, como foi demonstrado ao longo desta dissertação. O presente ensaio representa um estudo de vários temas no âmbito da melhoria de resultados na produção, em ordem a obter um conjunto de soluções que beneficiem os processos da empresa onde foi desenvolvido. Assim, este projecto foi um desafio que pôs à prova não só os conhecimentos obtidos na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, mas, de igual modo, a capacidade de raciocínio científico, adquirida na jornada académica, intrínseca a uma visão crítica das questões do quotidiano industrial.

Referências

- Courtois, A. *et al.* 2006. *Gestão Da Produção*. 7ª Edição. Lisboa: Lidel.
- Dionísio, M.F. da S.M. 2013. “Filosofia Lean – Implementação Do Comboio Logístico E Da Metodologia 5s.” Aveiro. <http://hdl.handle.net/10773/11541>.
- George, M.L. 2003. *Lean Six Sigma for Services*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. <https://doi.org/10.1036/0071436359>.
- Gusmão, S. *et al.* 2001. “Localização Dos Sulcos e Giros Da Face Súpero-Lateral Do Cérebro Na Tomografia Computarizada e Na Ressonância Magnética.” *Arq Neuropsiquiatr* 59: 65–70.
- Iberia Group, H. 2017. “Hydro Extruded Solutions Avintes.” In *Hydro Extruded Solutions - Avintes*, 51. Vila Nova de Gaia: Hydro.
- Krantz, J.H., and J.E. Williams. 2010. “Using Graphics, Photographs, and Dynamic Media.” In *Advanced Methods for Conducting Online Behavioral Research.*, edited by S.D. Gosling and J.A. Johnson, 45–61. Washington, DC: American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/12076-004>.
- Machfudiyanto, R.A. *et al.* 2018. “Improving Business Processes to Develop Standard Operation Procedures on Government Building Maintenance Work in Indonesia.” *MATEC Web of Conferences* 195: 06006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819506006>.
- Ortiz, C.A., and M. Park. 2011. *Visual Controls: Applying Visual Management to the Factory*. New York: CRC Press. <http://www.crcpress.com/product/isbn/9781439820902>.
- Picchi, F.A. (Associação N. de T. do A.C. 2003. “Oportunidades Da Aplicação Do Lean Thinking Na Construção Opportunities for the Application of Lean Thinking in Construction.” *Ambiente Construído* 3 (1): 7–23. <http://cic.vtt.fi/lean/conferences.htm>.
- Pinto, J.P. 2014. *Pensamento Lean - A Filosofia Das Organizações Vencedoras*. 6ª. Edições Lidel.
- Production, H. 2008. “The Hydro Way.” Oslo: Hydro. <https://www.hydro.com/en/about-hydro/the-hydro-way/>.
- Torres, C.D.S., and F. de O. Lemos. 2014. “Sistemática Para Balanceamento de Célula de Manufatura Integrando Abordagens Determinística e Estocástica: Estudo de Caso Em Uma Empresa Do Ramo Automotivo.” *Produto & Produção* 15 (1996): 1–42.
- Townsend, C., and B.E. Kahn. 2014. “The ‘Visual Preference Heuristic’: The Influence of Visual versus Verbal Depiction on Assortment Processing, Perceived Variety, and Choice Overload.” *Journal of Consumer Research, Inc.* 40: 993–1015. <https://doi.org/10.1086/673521>.
- Williams, B., and N.J. Sayer. 2007. *Lean for Dummies*. Edited by E. Kuball. Indianapolis:

Wiley Publishing, Inc.

Womack, J.P., and D.T. Jones. 2003. *Lean Thinking*. Free Press - Simon & Schuster Inc. First Free. Vol. 18. New York. <https://doi.org/10.1007/BF01807056>.

Yue, C.L. 2014. “Using Selective Redundancy and Testing to Optimize Learning from Multimedia Lessons.” *Psicologia*. Los Angeles: University of California.

ANEXO A: Cronograma

CRONOGRAMA DISSERTAÇÃO 2019

O seguinte cronograma apresenta as várias etapas pensadas para este projecto, no entanto, está sujeito a alterações sempre que um dos intervenientes do projecto reconheça que as deva fazer. Este cronograma não é um mapa detalhado do projecto, mas sim uma calendarização com as principais fases e datas importantes que o constituem. A elaboração da dissertação, apesar não discriminada nas datas abaixo, é realizada a par das fases 1 a 8, inclusive.

PROJETO	MELHORIA E BALANCEAMENTO DE POSTOS DE TRABALHO - REFUSÃO
ORGANIZADOR	MARIA BEATRIZ GOUVEIA RIBEIRO
ORIENTADOR DA EMPRESA	RUI TEIXEIRA
ORIENTADOR FEUP	EDUARDO GIL DA COSTA

FASE DO PROJETO	INÍCIO	TÉRMINO	FASE DO PROJETO	INÍCIO	TÉRMINO
FASE 1 - INTEGRAÇÃO DO ESTUDANTE NA EMPRESA	2.11.2019	2.12.2019	FASE 7 - ANÁLISE DE RESULTADOS	5.16.2019	6.2.2019
FASE 2 - LISTA DE TAREFAS - REFUSÃO	2.12.2019	2.15.2019	FASE 8 - ALTERAÇÕES/ CONTINGÊNCIA	6.3.2019	6.14.2019
FASE 3 - LISTA DE TAREFAS - SERRA	2.18.2019	2.21.2019	FASE 9 - ENTREGA DA DISSERTAÇÃO PARA REVISÃO	6.14.2019	6.14.2019
FASE 4 - ANÁLISE DO PROCESSO / RECOLHA DE IMAGENS	2.22.2019	3.13.2019	FASE 10 - SUBMISSÃO DA DISSERTAÇÃO PARA DISCUSSÃO	6.15.2019	7.1.2019
FASE 5 - PARAGEM DA PRODUÇÃO = ESTUDO DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR	3.14.2019	4.21.2019	FASE 11 - DISCUSSÃO PÚBLICA DAS DISSERTAÇÕES	7.8.2019	7.19.2019
FASE 6 - IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS ESTUDADAS	4.22.2019	5.15.2019	FASE 12 - SUBMISSÃO DA VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO	7.20.2019	7.26.2019

FEVEREIRO							MARÇO							ABRIL							MAIO							JUNHO							JULHO									
S	T	Q	Q	5	5	D	S	T	Q	Q	5	5	D	S	T	Q	Q	5	5	D	S	T	Q	Q	5	5	D	S	T	Q	Q	5	5	D	S	T	Q	Q	5	5	D			
				1	2	3					1	2	3			1	2	3	4	5																								
4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14
11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21	
18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	27	28	17	18	19	20	21	22	23	24	25	22	23	24	25	26	27	28		
25	26	27	28				25	26	27	28	29	30	31	29	30			27	28	29	30	31					24	25	26	27	28	29	30	31										

ANEXO B: *Red Tag*

5S RED TAG	
DATA: <input type="text"/>	
DETECTADO POR: <input type="text"/>	
POSTO DE TRABALHO: <input type="text"/>	
CATEGORIA:	JUSTIFICAÇÃO:
<input type="checkbox"/> Equipamento	<input type="checkbox"/> Desnecessário
<input type="checkbox"/> Ferramenta	<input type="checkbox"/> Com defeito
<input type="checkbox"/> Instrumento	<input type="checkbox"/> Sucata
<input type="checkbox"/> Peça	<input type="checkbox"/> Obsoleto
<input type="checkbox"/> Matéria-Prima	<input type="checkbox"/> Em excesso/Repetido
<input type="checkbox"/> Outro. Qual?	<input type="checkbox"/> Outro. Qual?
ACÇÃO:	
<input type="checkbox"/> Eliminar	Revisão:
<input type="checkbox"/> Devolver	Data:
<input type="checkbox"/> Mover para secção	Comentário:
<input type="checkbox"/> Outro	

(adaptado de 4improvement.one, in <https://4improvement.one/pt/solutions/tagging>)